Geochronologische Untersuchungen in den Warwentonen des Rosenheimer Beckens, insbesondere der fluviogenen Decktone

von

Werner Fürbringer

München

1968

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546010_0016

Geochronologische Untersuchungen in den Warwentonen des Rosenheimer Beckens, insbesondere der fluviogenen Decktone

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

München

vorgelegt von

Werner Fürbringer

aus München

1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

1.Berichterstatter: Prof.Dr.H.Louis
2.Berichterstatter: Prof.Dr.H.G.Gierloff-Emden

Tag der mündlichen Prüfung: 21.Februar 1968

VORWORT

Die Anregung für die vorliegende Arbeit ging von Herrn Prof. Dr. H.Louis aus. Ihm möchte ich für die stets fördernde Anteilnahme am Fortgang meiner Arbeit, für Anregungen und Kritiken herzlich danken. Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. H.Louis sowie Herrn Prof. Dr. H.G.Gierloff-Emden für die Erlaubnis das Labor des Geographischen Institutes für notwendige chemische Untersuchungen zu benützen.

Herrn Prof. Dr. H.G.Gierloff-Emden möchte ich auch für alle zusätzlich mir zuteil gewordene Förderung herzlich danken.

Tiefen Dank schulde ich Herrn Dr. W.Schumann, Dozent an der Staatsbauschule München, der mir eine erste arbeitstechnische Einführung in mein Arbeitsgebiet gab, gemeinsam Geländebegehungen mit mir unternahm und dessen Ratschläge und Hinweise mir unentbehrlich waren.

Herrn F.Skoda, Laborant am Geographischen Institut, bin ich für die Durchführung der Photoarbeiten und der Mithilfe bei der Vorbereitung chemischer Versuche sehr dankbar.

Großzügigste Hilfe gewährten mir daneben verschiedene Institute der Universität und des Staates. So möchte ich dem Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie und Mineralogie herzlich danken, insbesondere Frl. E.Weyrich, die mir mit freundlicher Erlaubnis von Prof. Dr. Ing. A.Maucher große Hilfe bei der Herstellung von Dünnschliffen leistete.

Des weiteren sei herzlichst gedankt dem Paläontologen Herrn Prof. Dr. H.Hagn für Fossiluntersuchungen, dem Institut für wissenschaftliche Photographie an der Technischen Hochschule München für die Möglichkeit Schwärzungskurven herstellen zu lassen, Herrn Dr. Schmeidl von der Moorforschungsstelle Bernau/Chiemsee für Pollenuntersuchungen sowie Herrn Dr. Wagner von der Bayr. Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz für

Kohlenstoffbestimmungen.

Der Fa. Hamberger bin ich dankbar, daß sie mir die Erlaubnis für die Durchführung der Feldarbeiten gab.

Allen Genannten, sowie allen denen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, die aber namentlich aufzuführen nicht möglich ist, sei an dieser Stelle nochmals von Herzen gedankt.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Vorwort 1
Inhaltsverzeichnis 3
Verzeichnis der Figuren, Abbildungen und Tabellen 5

I. Einleitung und Problemstellung 6

II. Feldarbeit 10

III. Bisherige geochronologische Untersuchungen an Sedimenten des ehemaligen Rosenheimer Sees 13

IV. Die Tonablagerungen der Grube Hamberger 13

A. Die fluviogenen Warwentone 15

1. Beschreibung 15

2. Korngrößenanalysen 16

3. Schwefelwasserstoffuntersuchungen 17

4. Jahresschichtung im Bändertonsediment 18

a) Calciumcarbonat-Bestimmungen 19

b) Magnesiumcarbonat-Bestimmungen 20

B. Die fluviogenen Decktone 23

1. Calciumcarbonatuntersuchungen 23

2. Pollenuntersuchungen 23

3. Feinstrukturuntersuchungen mit Hilfe von Dünnschliffen 24

V. Ursachen des Strukturschwundes im Decktonbereich . 27

1. Die oxydative Zersetzung organischer Substanz 28

2. Der Einfluß von Wind 28

3. Der Einfluß der Wassertemperatur 29

4. Der Einfluß der Bodenfauna 30

VI. Zählung der Jahresschichten 31

VII. Zeitliche Einordnung der Jahresschichten 34

1. Anschluß an die historische Zeit 34

2. Anschluß an die Datierung von W.SCHUMANN . . . 34

VIII. Konnektionsmethoden 38

1. DE GEER'S Methode der diagrammatischen Warwenverknüpfung 38

2. Konnektionsmethode mit Hilfe von Schwärzungskurven 39

IX. Zusammenfassung 42

Literaturverzeichnis 45

Verzeichnis der Figuren, Abbildungen und Tabellen.

1. Figuren

Fig. 1 Geologisch-Morphologische Skizze des Rosenheimer Beckens
Fig. 2 Schema der Tonprobenentnahme
Fig. 3 Korngrößenhistogramm einer Sommerlage des Rosenheimer Bändertons (Grube Hamberger)
Fig. 4 Korngrößenhistogramm einer Winterlage des Rosenheimer Bändertons (Grube Hamberger)
Fig. 5 Graphische Darstellung der Verteilung von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ in Jahreswarwen des Rosenheimer Bändertons
Fig. 6 Vertikalprofil der Bändertonlager im Rosenheimer Becken

2. Abbildungen

Abb. 1 Panorama-Aufnahme der Grube Hamberger
Abb. 2 Überlappung von Profilkästen
Abb. 3 Dünnschliffaufnahme des Bändertonsediments (Grube Hamberger) aus 26,3m Seetiefe
Abb. 4 Dünnschliffaufnahme des Decktonsediments (Grube Hamberger) aus 22,2m Seetiefe
Abb. 5 Dünnschliffaufnahme des Decktonsediments (Grube Hamberger) aus 20m Seetiefe
Abb. 6 Dünnschliffaufnahme des Decktonsediments (Grube Hamberger) aus 14m Seetiefe
Abb. 7 Schwärzungskurve einer Warwenserie aus dem skandinavischen Bänderton (Duved, Jämtland)
Abb. 8 Schwärzungskurve einer Warwenserie aus dem Bänderton der Grube Hamberger (Rosenheim)
Abb. 9 Konnektion von Kastenprofilen des Rosenheimer Bändertons (Grube Hamberger) mit Hilfe von Schwärzungskurven

3. Tabellen

Tab. 1 Anteil des $CaCO_3$ und $MgCO_3$ (in %) in Jahreswarwen des Rosenheimer Bändertons (Grube Hamberger)
Tab. 2 Alter der Tonablagerungen der Grube Hamberger
Tab. 3 Die Rosenheimer Hauptzeitskala von W.SCHUMANN
Tab. 4 Die Rosenheimer Hauptzeitskala (erweitert)

I. Einleitung und Problemstellung

"Der Wunsch, die großen Ereignisse der geologischen Geschichte nach Jahren zu messen, wächst in dem Maße, wie die Ereignisse sich unserer eigenen Zeit nähern und menschliche Angelegenheiten näher berühren." [1] (TH.C.CHAMBERLIN/R.D.SALISBURY, 1906, S.413)

Es bleibt das Verdienst des Schweden GERARD DE GEER und seiner Schule erstmals einen solchen geologischen Jahreskalender aufgestellt zu haben. In den spätglazialen Bändertonablagerungen Schwedens hatte DE GEER Jahresabsätze (Warwen[2]) erkannt. Durch Zählen dieser Jahresschichten war es DE GEER möglich, eine Geochronologie (die sog. Schwedische Zeitskala) herzustellen, die nach seinen Angaben von der Gegenwart aus 15000 Jahre zurück-

1) Zitiert nach DE GEER,G., 1912, S.457

2) Ein paar Anmerkungen zur Orthographie und Wortbedeutung von "Warw, pl. Warwen": eine einheitliche Schreibweise fehlt leider bisher in der deutschsprachigen Literatur. G.DE GEER (1912, S.458) hat zwar für das Deutsche die Schreibung:"Warw, pl. Warwen" vorgeschlagen, die auch in der vorliegenden Arbeit verwendet wird. Daneben finden sich aber immer wieder andere Schreibungen. So verwendet z.B. P.WOLDSTEDT (1954, S.147) die Schreibung "Warven", E.EBERS (1965, S.124) z.B. verwendet "Varv". Die Wortbedeutung des Wortes "varv" (alte Schreibweise hvarf) hat in der quartärgeologischen Literatur eine gewisse Doppeldeutigkeit erlangt. Ursprünglich bedeutet das Wort "varv" einen Kreis, bzw. eine periodische Wiederkehr von Schichten. In dieser Bedeutung war es auf die glazimarinen Tonvorkommen Mittel- und Ostschwedens übertragen worden, da diese sich durch eine stark periodische Schichtung auszeichnen (s. die Bezeichnung "hvarvig lera", d.h. Bänderton). G.DE GEER (1882) erkannte in diesen regelmäßigen Schichtabfolgen erstmals Jahresabsätze. Daher rührt die heute oftmals gemachte Gleichsetzung der Warwen mit Jahresschichten. Seit S.A.ANDERSEN (1929) steht jedoch fest, daß eine periodische Wiederkehr von Schichten durchaus nicht immer nur einen jahresperiodischen Absatz bedeuten muß, sondern daß sich darin auch kürzere Perioden der Insolation (z.B. Tag und Nacht) spiegeln können. S.A.ANDERSEN nennt solche tagesperiodische Absätze "Tageswarwen". Die Eindeutigkeit des Begriffs wäre gesichert, wenn man in den Fällen, in denen Jahresschichtung, bzw. Tagesschichtung tatsächlich nachgewiesen ist, von Jahreswarwen (s. schwed.: årsvarv = Jahreswarwe), bzw. von Tageswarwen sprechen würde. In allen anderen Fällen sollte als synonyme Bezeichnung für Bänderton der Ausdruck "Warwenton" stehen. Denn von Warwen im Sinne von periodischer Wiederkehr der Schichten zu sprechen ist immer richtig. Ihre Jahres-, bzw. Tagesnatur hingegen muß erst bewiesen werden.

reicht (1940, S.237). Die Erstellung dieser Zeitskala gelang jedoch erst, nachdem eine zusammenhängende Warwenfolge vom äußersten Süden Schwedens bis Mittelschweden ermittelt und ausgemessen worden war; denn nirgends sind diese Tonablagerungen in Schweden so entwickelt, daß sie alle an einer Stelle vollständig übereinanderliegen. Infolgedessen mußte eine Vielzahl von Warwen verschiedener Aufschlüsse parallelisiert werden. Die Parallelisierung erfolgte durch Vergleich der einzelnen Warwserien mit Hilfe der relativen Dicke der Warwen (s. auch Kap. VIII.1).

Spätglaziale Bändertonablagerungen finden sich jedoch nicht nur in Schweden. Es sind solche auch z.B. im nördlichen Alpenvorland entwickelt (im Rosenheimer Becken, bei Konstanz am Bodensee, und anderen Orten).

Die viel schwierigere Auswertung der hiesigen Bändertone hat jedoch dazu geführt, daß warwengeochronologische Untersuchungen im alpinen Raum lange Zeit nicht vorgenommen wurden. So sind beispielsweise die hiesigen Bändertonablagerungen im Gegensatz zu den skandinavischen Bändertonen im Anstehenden warwologisch nicht lesbar. Erst eine Präparation dieser Tone im Labor, zuerst von SCHUMANN mit Erfolg durchgeführt, zeigt ein auswertbares Warwenbild.

Die verschiedenartige Ausbildung der skandinavischen und der hiesigen Bändertone ist offenbar eine Folge der unterschiedlichen physisch-geographischen Situation der beiden Gebiete. So sind die Bändertone Skandinaviens ganz überwiegend marin entstanden (die Schmelzwasser des zurückweichenden Inlandeises lagerten ihre Gletschertrübe im Meer ab), wohingegen die alpinen Bändertone ausschließlich Süßwasserablagerungen darstellen, also limnisch entstanden sind. Klimaunterschiede (hier eine Breitenlage von weniger als 50°N, dort die Nähe des Polarkreises), Vegetationsunterschiede, usw. haben mit Sicherheit ebenfalls unmittelbare Auswirkungen auf die unterschiedliche Bändertonsedimentation zur Folge gehabt.

Ausschlaggebend für ein Aufgreifen des hier zur Diskussion stehenden Problems von geographischer Seite war die Hoffnung, daß sich das in Schweden geglückte Verfahren der Warwengeo-

chronologie auch auf ein Gebiet mit ganz anderer geographischer Breitenlage übertragen lassen würde.

Es ist in erster Linie das Verdienst W.SCHUMANNS (1965) mit einer ähnlichen Untersuchung wie sie DE GEER in Schweden vorgenommen hatte, auch im nördlichen Alpenvorland, im Raum Rosenheim, begonnen zu haben. Erhofftes Ziel dieser Untersuchungen war, wie schon angedeutet, die Erstellung eines ähnlichen Jahreskalenders für den alpinen Raum, der exakte Angaben über die Dauer des letzten Eisrückzuges möglich machen sollte.

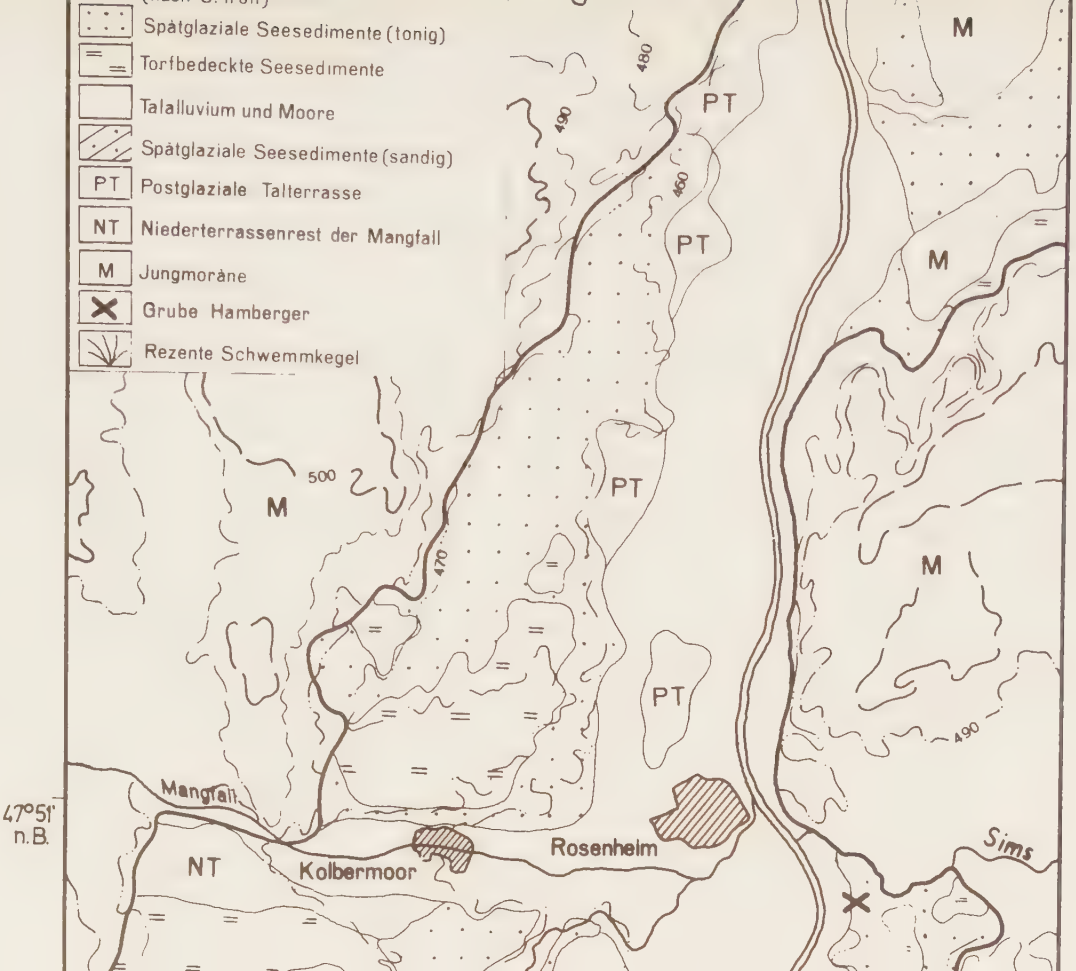
Bisher besitzen wir über diese Dauer des Eisrückzuges aus dem nördlichen Voralpenland nur ungefähre Größenordnungsvorstellungen. Die Hauptschwierigkeit eines solchen Unternehmens lag vor allem darin, nachzuweisen, daß in den hiesigen Bändertonen tatsächlich Jahresrhythmen vorliegen. In Mittelschweden ist die jahreszeitliche Entstehung der Bänder gesichert, nachdem es dort u.a. gelungen ist, diese auch mit anderen, jahreszeitlich entstandenen Formen (z.B. mit Äsern) zu konnektieren. Solche eindeutigen Verhältnisse wie im Falle Mittelschwedens dürfen jedoch nicht von vornherein auch anderswo angenommen werden. Das Vorhandensein einer Hell-Dunkel-Wechselschichtung allein genügt noch nicht als Beweis für Jahresschichtung.[1]

Bei allen warwengeochronologischen Untersuchungen ist eine vorherige Klärung des vorliegenden Sedimentationsrhythmuses unbedingt erforderlich.

W.SCHUMANN (1965) hat erstmals für den Bereich des nördlichen Alpenvorlandes im sog. Rosenheimer Becken (s.Fig.1) überzeugende Beweise für jährliche Sedimentationsrhythmen erbracht.

---

1) So z.B. E.EBERS (1965, S.124), die sich über die spätglazialen Tonablagerungen der Grube Hamberger bei Rosenheim unbekümmert äußert: "Jedes Band, das ist jeder Varv, teilt sich in eine dunkle Sommer- und eine hellere Winterschicht."


Spätglaziale Seesedimente (tonig)
Torfbedeckte Seesedimente
Talalluvium und Moore
Spätglaziale Seesedimente (sandig)
PT Postglaziale Talterrasse
NT Niederterrassenrest der Mangfall
M Jungmoräne
Grube Hamberger
Rezente Schwemmkegel
M
PT
NT
500
490
480
470
460
Mangfall
Kolbermoor
Rosenheim
Sims
47°51' n.B.

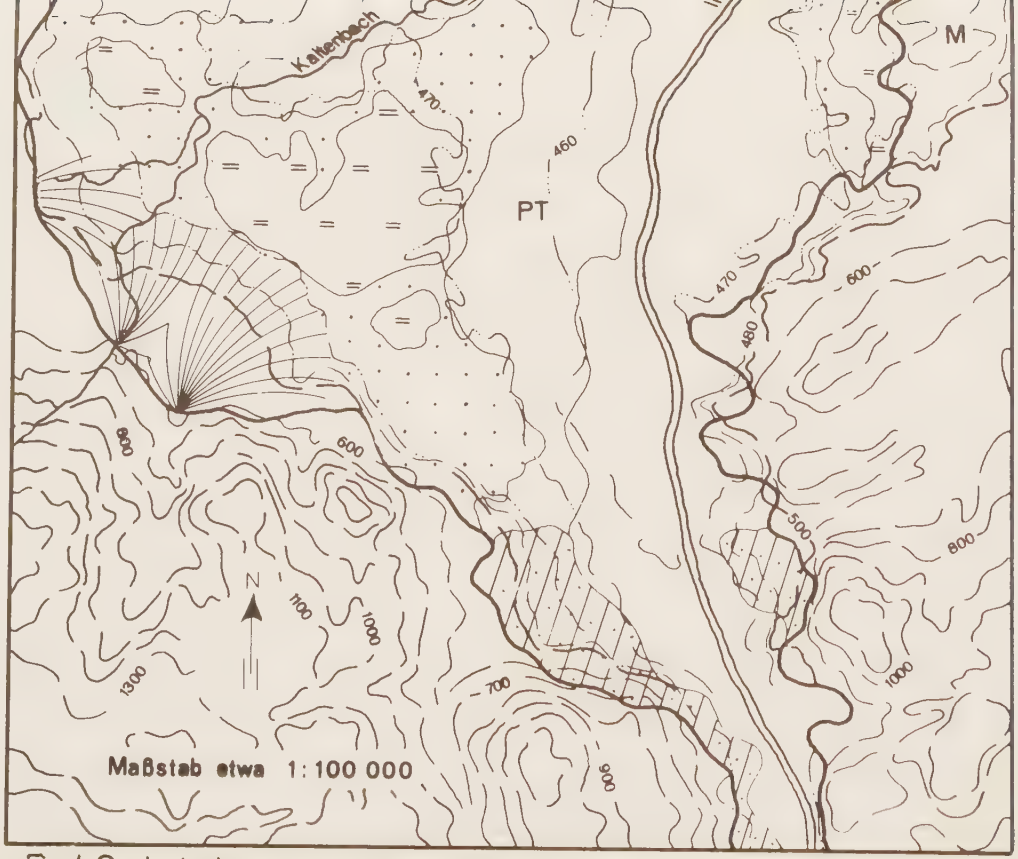


Fig.1 Geologisch – Morphologische Skizze des Rosenheimer Beckens
unter Verwendung der früheren Aufnahmen von C. Troll u. E. Ebers / E. Kraus
sowie der Topograph. Karte 1:50000

Die gerissenen Linien stellen 100 m-Höhenlinien dar, die gerissenen und punktierten Linien 10 m-Höhenlini-

Das Rosenheimer Becken hat als Stammbecken des ehemaligen Inngletschers während des Pleistozäns mehrfach einen See beherbergt. Der nach dem endgültigen Eisrückzug zurückgebliebene See wird in der Literatur als "See von Rosenheim" bezeichnet.

Tonige Ablagerungen des Gletscherschmelzwassers, später des je nach Jahreszeit verschiedenartig temperierten Flußwassers füllten diesen See im Laufe der Zeit fast vollkommen aus. Ein Rest dieses Sees ist im Simsee vorhanden.

Die Seetonabsätze[2], deren oberstes Niveau allgemein bei 470m liegt, sind heute großenteils von weiten, ebenen Mooren überdeckt (C.TROLL, 1924, S.92).

Aufgabe meiner Arbeit war es in erster Linie zu untersuchen, inwieweit sich die von W.SCHUMANN begonnenen warwengeochronologischen Untersuchungen an Bändertonen des Rosenheimer Beckens auch auf den über den Bändertonen liegenden, dem Anschein nach ungeschichteten Tonhorizont ausdehnen ließen. Es sollte daneben die Möglichkeit der geochronologischen Auswertbarkeit eines durchgehenden Grubenprofils am Beispiel der Grube Hamberger untersucht werden. (Die Situation der Grube Hamberger zeigt Fig.1)

Der Grund, die geochronologischen Untersuchungen in der Grube Hamberger vorzunehmen, war vor allem eine Empfehlung W.SCHUMANNS, die von ihm dort begonnenen Untersuchungen fortzusetzen. Die Grubenleitung erteilte freundlicherweise die Erlaubnis.

---

2) W.SCHUMANN unterschied diese Seetonabsätze in ihrer Abfolge von oben nach unten in sog. limnofluviogene Decktone, limnofluviogene Warwentone und limnoglazigene Warwentone. Siehe dazu Kap.IV.

II. Feldarbeit

Da meine Untersuchungen die geochronologische Auswertung eines durchgehenden Profils der Grube Hamberger zum Ziele hatten, wurde das Arbeitsgebiet auf diese Tongrube beschränkt.

Als ich im Frühsommer 1966 mit meinen Untersuchungen begann, bot die Grube Hamberger folgendes Bild: im Grubensohlenbereich war schon seit längerer Zeit kein Ton mehr abgebaut worden. An vielen Stellen hatte sich in der Zwischenzeit Sumpfvegetation ausgebreitet. Der Tonabbau erfolgte zu dieser Zeit ausschließlich im Bereich der obersten Tonablagerungen mit Hilfe eines Schaufelbaggers. An der frischen Aufschlußwand, die dort entstanden war, konnten Sedimentproben entnommen werden. Nach unten fehlten solche Aufschlußwände. Um ein Gesamtgrubenprofil zu erhalten, mußte jedoch eine Möglichkeit gefunden werden, auch im unteren Grubenteil Sedimentproben zu entnehmen.

Kurz nach Beginn meiner Untersuchungen wurde der Tonabbau mittels des Schaufelbaggers eingestellt und dieser durch eine mehr flächig abräumende Planierraupe ersetzt. Mit Hilfe des Planierschildes dieses beweglichen Raupenfahrzeuges gelang es den Ton etwa 2m tief hangabwärts bis zur Grubensohle aufzuschließen. Das Sediment war jedoch an dieser Stelle so stark gestört, daß es für die geplanten Untersuchungen unbrauchbar war. Beim ehemaligen Abbau waren ganze Schichtpakete abgeglitten und teilweise übereinander geschoben worden.

Da anzunehmen war, daß auch noch die Umgebung dieses Aufschlusses von dieser Störung der Schichtlagen mehr oder weniger stark betroffen war, wurde in diesem Grubenteil kein weiterer Aufschluß geöffnet.

Eine für eine Profilentnahme geeignete Stelle konnte inmitten der Grube gefunden werden. Die photographische Aufnahme der Grube Hamberger (Abb.1) zeigt deutlich drei hügelartige Aufragungen, auf deren Scheitel holzgefertigte Seilbahnstützen

Abb.1 Panorama – Aufnahme der Grube Hamberger

Abb. 2 Rosenheimer Banderton (Grube Hamberger) Überlappung der Profilkästen Ha 18 – Ha 23

aufsitzen. Diese Stützen stammen noch aus der Zeit, als der abgebaute Ton mit Hilfe einer Materialseilbahn, die über diese Stützen lief, in die nahegelegene Ziegelei befördert wurde. Jene Aufragungen, die nichts anderes sind als stehengelassene Tonsockel und die als Unterbau für die Seilbahn dienten, repräsentieren jeweils ein mehr oder weniger vollständiges Grubenprofil.

Es war zunächst gedacht, an einem dieser Tonsockel (s. Abb.1: Profilentnahme) ebenfalls mit Hilfe der Planierraupe eine Aufschlußwand zu schaffen. Dieses Vorhaben erwies sich jedoch als nicht durchführbar, da für einen Einsatz des schweren Raupenfahrzeuges das Gelände an dieser Stelle zu sumpfig war. Es blieb ein Ausweg: die Grabung selbst vorzunehmen.

Eine Versuchsgrabung zeigte, daß das Sediment an dieser Stelle ungestört war. Die einzelnen Bänder lagen in schöner Regelmäßigkeit übereinander. Im Laufe von 4 Tagen wurde vom Grubensohlenbereich aus hangaufwärts ein etwa 15m langer und ca. 2m tiefer Graben ausgehoben, an dessen Wänden die Sedimentproben entnommen werden sollten. Immer dann, wenn die Grabung für mehrere Stunden unterbrochen werden mußte - nachts vor allem - wurde das bereits ausgehobene Grabenstück zum Schutz gegen Regen sorgfältig mit Brettern abgedeckt. Grundsätzlich sollten solche Grabungsarbeiten nur bei trockenem Wetter vorgenommen werden. Bei nassem Wetter sinkt man unweigerlich in die ohnehin schmierigen und zugleich zähen Tonablagerungen ein.

Die Probenentnahme erfolgte in der von W.SCHUMANN (1965, S.16f) beschriebenen Weise. An die mit einem Spaten geglättete Stichwand wird ein Zinkkasten von der Größe 50 x 10 x 5cm senkrecht zur Schichtung mit der offenen Seite angelegt und mit einem Hartgummihammer vorsichtig eingeschlagen. Ist der Kasten ganz mit Sediment gefüllt, was durch eine kleine Öffnung an der Kastenrückseite angezeigt wird, so wird der Kasten mit einer gewöhnlichen Maurerkelle allseitig aus der Tonwand herausgeschnitten. Das überstehende Sediment des Kastens wird mit einer kleinen Handsäge vorsichtig entfernt, so daß der Schichtzusammen-

hang nicht gestört wird. Zum Schutz des Sediments wird der Kasten mit einem Deckel versehen. Um die gewonnenen Bodenproben für eine Bearbeitung im Labor frisch zu erhalten, werden diese außerdem in Plastikbeutel verpackt. Zur Vermeidung späterer Verwechslungen werden die Kästen vor dem Einschlagen fortlaufend nummeriert, ebenso wird das obere, bzw. untere Ende eines jeden Kastens genau bezeichnet. W.SCHUMANN hatte aus der Grube Hamberger insgesamt 9 Kastenprofile entnommen (drei davon waren auswertbar) und sie mit den Signaturen Ha1 - Ha9 versehen, wobei " Ha " die Ortsignatur für die Grube Hamberger sein soll. Um eine sinnvolle Weiterführung der von W.SCHUMANN begonnenen Untersuchungen zu erleichtern, wurden meine entnommenen Profilkästen (insgesamt 16) mit den Signaturen Ha10-Ha25 versehen.

Die eigentliche Profilentnahme erfolgte in der Weise, daß sich benachbarte Kästen jeweils überlappten (Abb.2). Damit war eine zuverlässige Profilentnahme gesichert. Abb.2 zeigt eine solche Überlappung an Hand der Profilstreifen Ha18 - Ha23.

Es wurden im Bereich des ungestörten Bändertonprofils fortlaufend Kästen entnommen, im darüberfolgenden, homogen erscheinenden Tonhorizont dagegen nur stichprobenartig (s.Fig.2).

Die Grenze zwischen offensichtlich gebändertem und nicht gebändertem Sediment wurde mit Hilfe eines Nivelliergerätes eingemessen. Sie liegt bei 455,6m N.N.

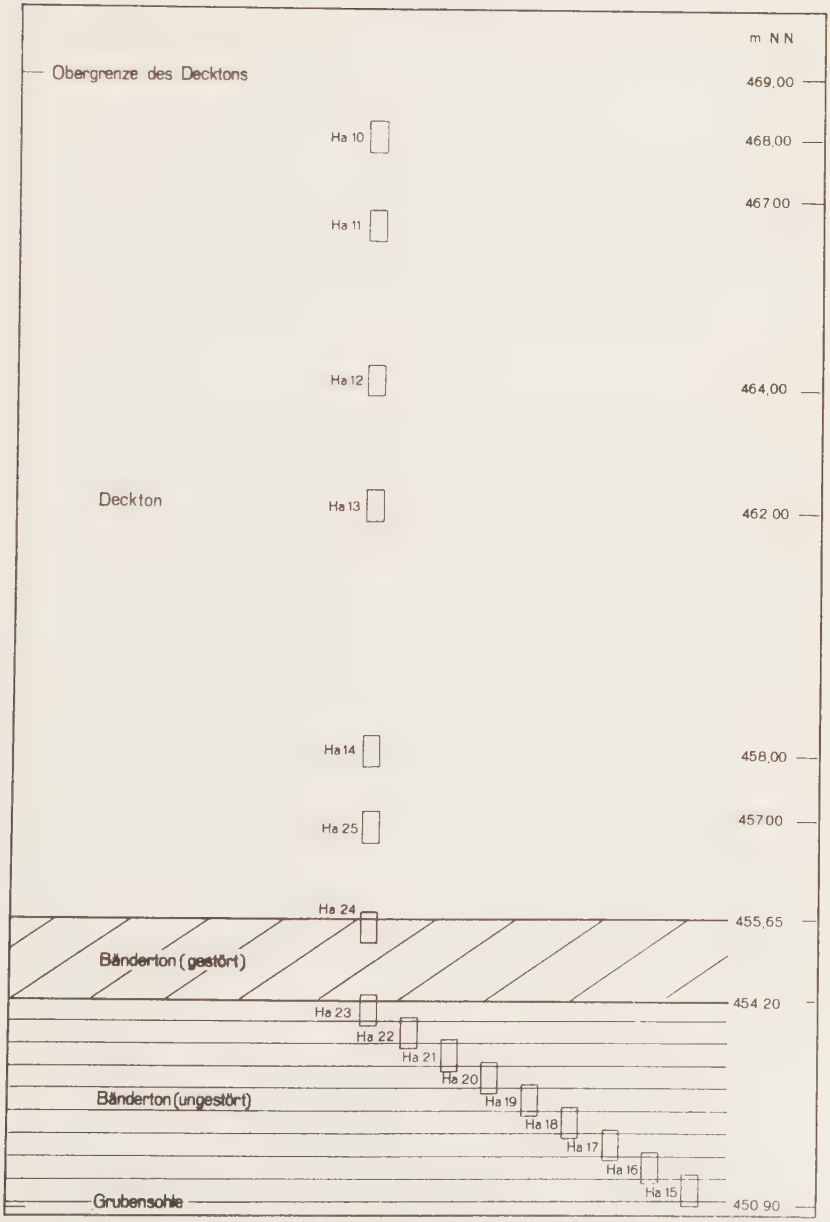


Fig.2 Schema der Tonprobenentnahme

III. Bisherige geochronologische Untersuchungen an Sedimenten des ehemaligen Rosenheimer Sees.

Jahrhundertelang hatten die späteiszeitlichen Tonablagerungen des ehemaligen Rosenheimer Sees ausschließlich wirtschaftliche Bedeutung. Sie bildeten seit der Römerzeit die Grundlage einer Ziegelindustrie. Daß diese Industrie auch heute ihre Bedeutung nicht verloren hat, beweisen die zahlreichen Ziegeleien im Umkreis der Stadt Rosenheim.

In den Blickpunkt wissenschaftlichen Interesses rückten diese Tone jedoch erst zu Beginn dieses Jahrhunderts. Erste, wenn auch vorerst nur rein beschreibende Hinweise finden sich bei PENCK,A. u. BRÜCKNER,E. (1901 - 1909,S.141) und BAYBERGER,FR. (1914,S.26). TROLL,C. (1924,S.95) versuchte erstmals diese Ablagerungen in einen genetischen Zusammenhang mit jahreszeitlicher Sedimentation zu bringen, wenn er feststellt, daß die Rosenheimer Bändertone nicht so regelmäßig jahresgeschichtet seien, wie beispielsweise die Bändertone Schwedens. Ein Beweis für Jahresschichtung wurde jedoch nicht erbracht. Von dem Schweden GERARD DE GEER und dessen Gattin wurden in den Jahren 1928 und 1929 im nördlichen Alpenvorland Warwenmessungen vorgenommen und diese angeblich sogar mit skandinavischen Warwen erfolgreich konnektiert (1940, S.227). Eine Nachprüfung der Richtigkeit dieser Konnektionen ist jedoch nicht möglich, da DE GEER sein Quellenmaterial niemals veröffentlichte. 1965 wurde von W.SCHUMANN eine sehr eingehende warwengeochronologische Untersuchung der Rosenheimer Bändertonablagerungen vorgelegt. SCHUMANN konnte in diesen Ablagerungen Jahresschichtung nachweisen.

IV. Die Tonablagerungen der Grube Hamberger

W.SCHUMANN (1965) hat erstmals eine sehr ausführliche Beschreibung des Gesamtkomplexes der Tonablagerungen im Rosenheimer

Becken vorgelegt und dabei der Entstehung nach, drei übereinander gelagerte Sedimentpakete verschiedener Fazies unterschieden:[1]

1. die "Limnoglazigenen Warwentone" unmittelbar über der Grundmoräne mit einigen Metern Mächtigkeit. Mit dieser Bezeichnung soll zum Ausdruck gebracht werden, daß dieser Ton limnisch und unter dem Einfluß des Eises, sowie warwig, d.h. nach W.SCHUMANN saisonal, entstanden ist.

2. die nach oben anschließenden "Limnofluviogenen Warwentone" mit einer Mächtigkeit von einigen Zehnern von Metern. Diese Bezeichnung soll die Entstehung dieser Tone nicht mehr in unmittelbarer Nähe des Eises, sondern durch Ablagerung aus Wasser eines in einen See einmündenden Flusses zum Ausdruck bringen. Der Eisrand hatte sich zu dieser Zeit schon weit in die Alpen zurückgezogen, so daß nicht mehr unmittelbar die subaquatisch austretenden Schmelzwasser des Eises das Sedimentmaterial lieferten, sondern das Flußwasser des Inn.

3. die "Limnofluviogenen Decktone" im Hangenden, deren Mächtigkeit nach W.SCHUMANN rd. 10m beträgt. Ihnen fehlt nach SCHUMANN die typisch warwige Struktur.

Da im Rahmen dieser Untersuchungen ein Sedimentprofil der Grube Hamberger so weit wie möglich geochronologisch ausgewertet werden soll und sich ein solches Profil aus limnofluviogenen Bänder-

---

1) Um eine sinnvolle Weiterführung der von SCHUMANN begonnenen geochronologischen Untersuchungen zu ermöglichen, übernehme ich die nachfolgenden Bezeichnungen für die einzelnen Sedimentpakete.

und Decktonen zusammensetzt, möchte ich diese Tonablagerungen im folgenden noch einmal kurz beschreiben, auch wenn dabei im wesentlichen Beobachtungen wiedergegeben werden, die schon W.SCHUMANN gemacht hat.

Neu hinzugekommen sind in diesem Kapitel Ergebnisse chemischer Untersuchungen (Schwefelwasserstoff- und Magnesiumcarbonatbestimmungen) sowie Korngrößenanalysen der fluviogenen Bändertone.

A. Die fluviogenen Warwentone

1. Beschreibung

Eine Bänderung dieser Tone ist bereits im Anstehenden einer einigermaßen geglätteten Stichwand gut erkennbar: kennzeichnend ist der Wechsel hellerer und dunklerer Streifen. Die Mächtigkeit der einzelnen Bänder liegt dem ersten Anschein nach bei einigen Millimetern. Gelegentlich haben die Bänder einen rötlichen, gelblichen oder grünlichen Farbton. Das Streifenbild ist warwologisch nicht wirklich lesbar.

Lesbar wird dieses erst nach der Präparation der Sedimentproben mittels der Methode der langsamen Lufttrocknung.[1] Am luftgetrockneten Sediment lassen sich erstmals deutlich markante, sehr dünne (bis zu einem Millimeter starke), dunkelbraune Streifen erkennen, die in Abständen von wenigen Millimetern bis zu manchmal drei Zentimetern auseinanderliegen. Diese Streifen wurden

1) Die Methode der langsamen Lufttrocknung wurde von W.SCHUMANN (1965) übernommen: Die feuchten Tonproben werden - um Trockenrisse zu verhindern - immer wieder für einige Stunden aus den Plastikverschlüssen genommen, an der Luft getrocknet und wieder verschlossen. In den meisten Fällen reicht nach meiner Erfahrung ein vier- bis fünfmaliges Trocknen, um das günstigste Streifenbild zu erhalten.

von W.SCHUMANN (1965) als Winterschichten erkannt. Das jeweils zwischen diesen dunklen Lagen liegende hellere Sommersediment ist in seiner Farbgebung nicht immer einheitlich hell. Manchmal erscheint es sogar schwärzlich. Doch nie wird das Sediment so dunkel, daß es von den markanten Winterlagen nicht mehr zu unterscheiden wäre.

Die Sommerschicht ist stets mächtiger ausgebildet als die dazugehörige Winterschicht. Die durchschnittliche Mächtigkeit je einer Sommer- und Winterschicht zusammen, einer Jahresschicht also, liegt nach meinen Untersuchungen bei etwa 6mm.

Die Schwankungen in den Mächtigkeiten der Jahresschichten erklären sich aus der innigen Wechselbeziehung von Wetterablauf und Sedimentation. Die größeren Bandmächtigkeiten bedeuten eine größere Stoffzufuhr auf Grund der in wärmeren Jahren stärkeren Eisablation, die geringeren Bandmächtigkeiten dagegen bedeuten eine geringere Stoffzufuhr auf Grund der in kälteren Jahren schwächeren Eisschmelze (M.SCHWARZBACH, 1961, S.74).

Den Sommerschichten untergeordnet sind feinste Streifen, die man mit dem von W.SCHUMANN vorgeschlagenen, rein beschreibenden Ausdruck "Feinschichten" benennen kann, da sie keinen regelmäßigen Rhythmus in Farbe und Struktur zeigen. Sie spiegeln mit Sicherheit Witterungsperioden im Laufe eines Jahres wider.

2. Korngrößenanalysen

Der Farbgegensatz der Sommer- und Winterschichten kann einmal durch Korngrößenunterschiede verursacht sein, d.h. Sommerschichten erscheinen auf Grund ihres mehr grobkörnigen Materials heller, Winterschichten wegen ihres feinkörnigen Materials dunkler. Doch können auch organische und terrigene Beimengungen Farbunterschiede hervorrufen.

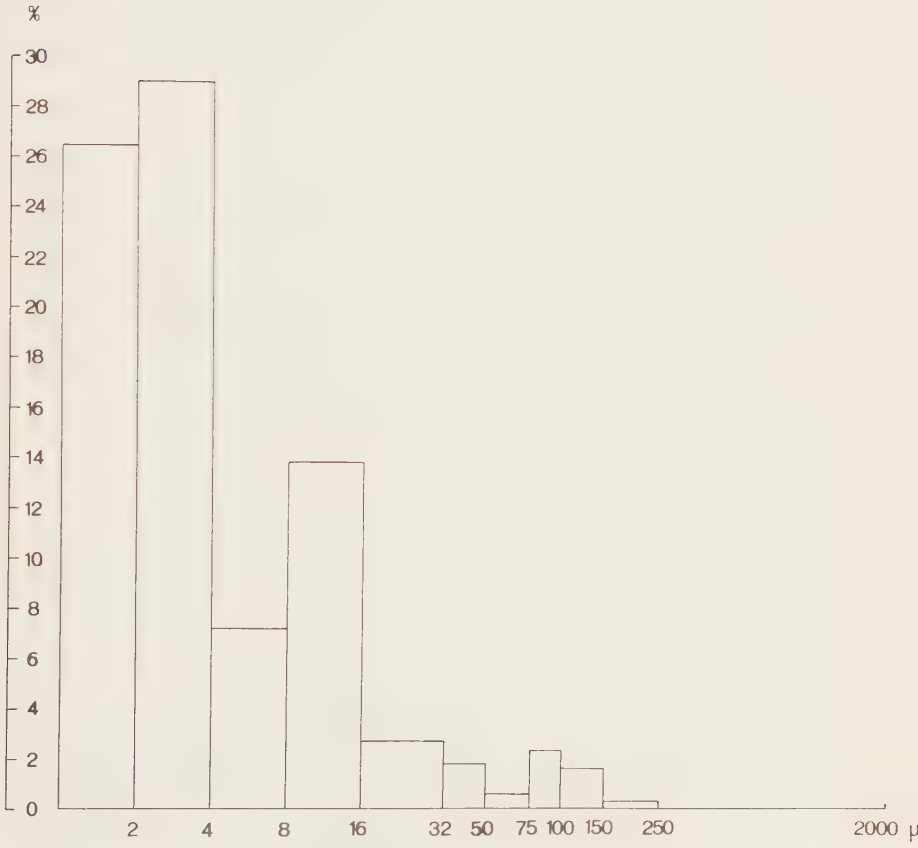


Fig. 3 Korngrößenhistogramm einer hellen Sommerlage des Rosenheimer Bändertons

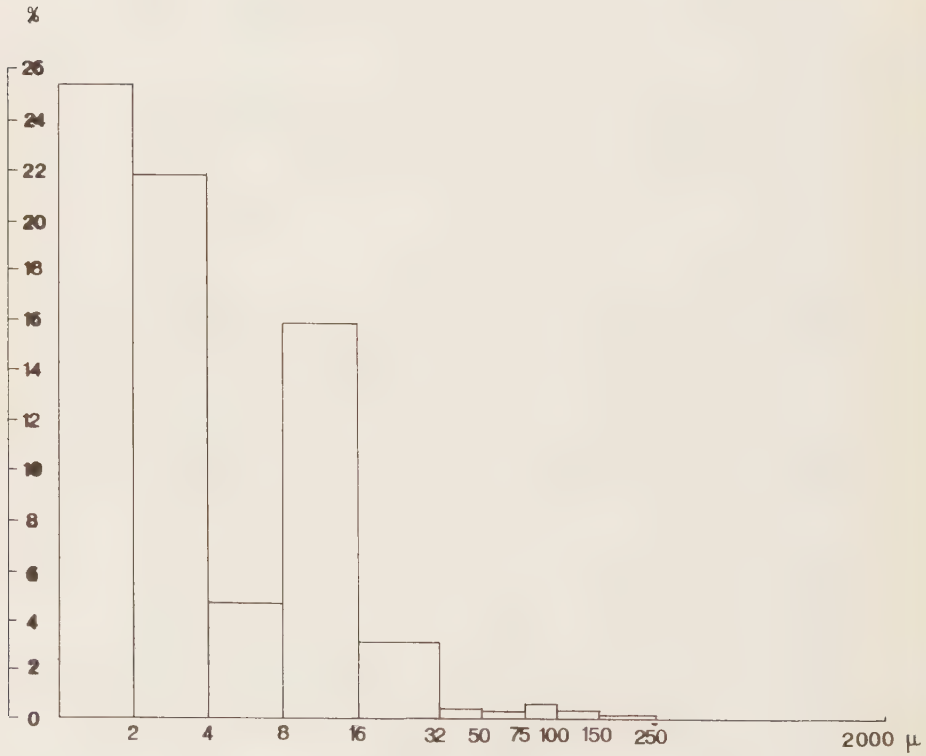


Fig. 4 Korngrößenhistogramm einer dunklen Winterlage des Rosenheimer Bändertons

Korngrößenanalysen von Sommer- und Winterlagen der fluviogenen Bändertone der Grube Hamberger ergaben eine so geringe Korngrößendifferenzierung, daß darauf allein der Farbgegensatz von Hell und Dunkel nicht zurückgeführt werden kann. Die Korngrößen einer typischen Sommer- und einer typischen Winterschicht liegen - wie aus den abgebildeten Diagrammen (Fig.3 u. Fig.4) zu ersehen ist - beidemale zu mehr als 60% im Bereich zwischen 2μ und 16μ, also im Ton- und Schluffbereich. Die restlichen Korngrössen verteilen sich bei beiden Schichten wiederum ähnlich abgestuft auf den Bereich zwischen 16μ und 250μ, was etwa grobem Mehlsand bis Feinsand entspricht. Der geringe Prozentsatz (3,57%) mehr feinsandigen Materials in der helleren Schicht ist auf eine Konzentrierung einzelner gröberer Körnchen zumeist in Schichtlage direkt unterhalb der dunklen Winterschicht zurückzuführen. Die Dünnschliffaufnahme (Abb.3) vermittelt einen guten Eindruck von einer solchen Sandlage, die nach außen kaum sichtbar ist. Fraglich ist, ob diese winzigen Sandlagen mit der Frühjahrssedimentation zusammenhängen. Denkbar wäre es. So könnte die Frühjahrssedimentation bereits zu einer Zeit eingesetzt haben, als die Winterlage sich noch nicht völlig abgesetzt hatte, und auf diese Weise die eigenartige Schichtabfolge zustande gekommen sein.

3. Schwefelwasserstoffuntersuchungen

Eine nicht zu verkennende Beziehung besteht zwischen Farbgebung und organischem Gehalt, wie nachgewiesen werden konnte: So enthalten die dunkleren Lagen nach qualitativer Prüfung mit Salzsäure mehr Schwefelwasserstoff (kenntlich am Geruch!). Schwefelwasserstoff entsteht bei der Fäulnis organischer Stoffe. Insgesamt wurden 15 Hell-Dunkellagen von verschiedenen Profilabschnitten dieser Prüfung mit Salzsäure unterzogen. Salzsäure bewirkt dabei eine Freisetzung des Schwefelwasserstoffs aus seinem

Sulfid Schwefeleisen (FeS) nach der Gleichung:

$$FeS + 2\,HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2S$$

Der höhere Anteil an organischem Material in den Winterlagen ist darauf zurückzuführen, daß dieser im Winter infolge der geringeren mineralischen Beimengungen konzentrierter ist. (P.WOLDSTEDT,1958, S.137)

Mit zunehmender Annäherung an das Decktonpaket vollzieht sich in der limnofluviogenen Serie ein allmählicher Übergang des überwiegend tonigen Sediments in ein mehr schluffiges Material.
Parallel dazu geht die graublaue Färbung des unteren Bändertonpakets allmählich in ein Gelbbraun über.

4. Jahresschichtung im Bändertonsediment

W.SCHUMANN (1965) konnte in den Rosenheimer Bändertonen an Hand rhythmischer Änderungen im Calciumcarbonatgehalt überzeugend Jahresschichtung nachweisen. Die verschiedenen Möglichkeiten, die zu Kalksedimentation führen, wurden dabei in so ausführlicher Weise besprochen, daß wir darauf nicht mehr näher einzugehen brauchen. SCHUMANN'S Ausführungen zufolge ist das in den Tonablagerungen vorliegende Calciumcarbonat sowohl detritischen als auch biochemischen Ursprungs. Die Frage, in welchem Verhältnis die beiden Carbonatanteile zueinander stehen, konnten meine Untersuchungen nicht klären, da die beiden Carbonatanteile sich nicht voneinander trennen ließen. Das Calciumcarbonat konnte als solches nur quantitativ nachgewiesen werden. Der auffallende Calciumcarbonat - Rhythmus dagegen wird durch die von mir vorgenommenen Untersuchungen erneut bestätigt.

a) Calciumcarbonat ($CaCO_3$) - Bestimmungen

Aus arbeitstechnischen Gründen war es nicht möglich, vom Bändertonprofil mit einer Mächtigkeit von 4,75m fortlaufend Calciumcarbonat-Bestimmungen zu machen.

Es wurden deshalb immer wieder geeignete Stichproben aus den einzelnen Kästen entnommen und insgesamt mehr als 300 Carbonat-Bestimmungen nach der Methode SCHEIBLER[1] gemacht. Das Ergebnis dieser Untersuchungen soll nur an Hand von 24 Calciumcarbonat-Bestimmungen aus dem Profilkasten Ha16 (s.Tabelle 1) stellvertretend für alle übrigen vorgenommenen Calciumcarbonat-Bestimmungen dargelegt werden. Die Durchführung und Auswertung derartiger Bestimmungen stellt ein wesentliches Ergebnis der Arbeit von W.SCHUMANN (1965) dar. Auch nach meinen Untersuchungen kamen die höchsten Calciumcarbonat-Werte auffallend regelmäßig auf die markanten dünnen Dunkellagen zu liegen, während die niedrigsten Calciumcarbonat-Werte ausnahmslos auf die Lagen zwischen den Dunkellagen trafen. Die Ab- bzw. Zunahme des Calciumcarbonat-Gehaltes zwischen zwei dunklen Winterlagen erfolgte niemals plötzlich, sondern immer allmählich.

Eine derart auffällige Regelgebundenheit in der Calciumcarbonat-Verteilung kann nach W.SCHUMANN (1965) nur jahreszeitlich bedingt sein. Als Gründe führt W.SCHUMANN neben einer jahreszeitlich unterschiedlichen mechanischen und chemischen Sedimentation vor allem den Jahreszeitenrhythmus der biogenen Sedimentation an, wie sie besonders durch die Phytoplanktonvegetation verursacht wird. Durch

---

1) Es ist dies eine Methode, die darauf beruht, daß die Gasentwicklung an CO_2 einer bekannten Menge Calciumcarbonat mit der Gasentwicklung an CO_2 einer genau abgewogenen Menge des zu untersuchenden Materials verglichen und berechnet wird.

den Assimilationsprozess der Wasserpflanzen wird freie Kohlensäure in den obersten Wasserschichten verbraucht, was den Zerfall des im Wasser vorliegenden Calciumbicarbonats bewirkt:

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Das Monocarbonat $CaCO_3$ fällt kristallisch aus.

b) Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$) - Bestimmungen

A.G.HÖGBOM (1889) hat bei Untersuchungen glazimariner Bändertone in Mittelschweden erstmalig festgestellt, daß der Calciumcarbonat-Gehalt dieser Tonschichten sich in seiner Verteilung zu deren Magnesiumcarbonat-Gehalt genau umgekehrt verhält. Während in seinen Proben der Calciumcarbonat-Gehalt von der hellen Frühjahrsschicht zur dunklen Winterschicht jeweils abnahm, nahm der Magnesiumcarbonat-Gehalt in dieser Zeit zu.

Diese auffallende Carbonatverteilung zeigt ein beliebiges Beispiel aus der Arbeit von HÖGBOM (1889, S.269):

	$CaCO_3$	$MgCO_3$
Winter	18,54%	2,53%
	21,79%	2,49%
Frühjahr	30,22%	2,21%

In der ebenfalls rhythmischen Zu- und Abnahme des Magnesiumcarbonats sah HÖGBOM den Beweis für einen Jahresrhythmus der Sedimentation des Calciumcarbonats zusätzlich gestützt. Eine Erklärung für diese auffallende Carbonatverteilung sieht HÖGBOM in der relativ schweren Löslichkeit von Magnesiumcarbonat.[1]

1) A.G HÖGBOM (1889, S.267): "Da Magnesiumcarbonat schwerer löslich ist (als Calciumcarbonat), sollte dieses

Eine entgegengesetzte Carbonatverteilung zeigen nun nicht nur die glazimarinen Bändertonablagerungen Mittelschwedens, sondern sie ließ sich erstmals auch bei Rosenheimer Bändertonablagerungen nachweisen.

Von drei Jahreslagen des Kastens Ha16, die auf Grund von Calciumcarbonat-Bestimmungen als gesichert gelten müssen, wurden mit 24 Analysen Magnesiumcarbonat-Bestimmungen gemacht.

Die Bestimmung des Magnesiums erfolgte dabei nach der Titrationsmethode, wie sie R.HERRMANN (1955, S.111) beschreibt.
"Die zu untersuchende Lösung (in unserem Fall wurden jeweils 0,1g Tonsubstanz in 50ml destilliertem Wasser aufgelöst) wird mit 15cm^3 2n Ammoniumchloridlösung und 10cm^3 2n Ammoniumhydroxydlösung versetzt und auf etwa 60 bis 70°C erwärmt. Dann erfolgt tropfenweise Zusatz von 4%-iger alkoholischer Oxychinolinlösung im Überschuß, der an einer Gelbfärbung der Lösung zu erkennen ist. Die Temperatur wird dabei bis zum beginnenden Sieden gesteigert. Nach etwa 15 bis 20 Minuten wird der Niederschlag ... filtriert, ausgewaschen und auf dem Filter mit heißer 10%-iger Salzsäure gelöst. Nach dem Erkalten werden 0,5g Kaliumbromid und einige Tropfen Methylrotlösung hinzugesetzt und darauf wird mit 0,1n Kaliumbromatlösung titriert. Durch freiwerdendes Brom wird der Indicator zerstört und es tritt Umschlag nach Gelb ein.

1,0cm^3 0,1n Kaliumbromatlösung = 0,304mg Mg."

---

zu 1) nicht in gleicher Weise wie Calciumcarbonat abnehmen (gemeint ist die Abnahme vom Frühjahr zum Winter), sondern die oberen Teile der Jahresschichten (Winterschichten) sollten einen relativ höheren Magnesiumcarbonat-Gehalt haben, als die unteren Sommerschichten)."
(übersetzt aus dem Schwedischen)

Nach diesen Untersuchungen trifft jeweils auf eine dunkle Winterschicht mit sehr hohem Calciumcarbonat-Wert ein relativ niedriger Magnesiumcarbonat-Wert und umgekehrt (s. Tab. 1 und Fig.5). Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Magnesiumcarbonat-Werte stehen repräsentativ für mehr als 200 durchgeführte $MgCO_3$-Bestimmungen.

Schicht	$MgCO_3$ in %	$CaCO_3$ in %
	0,045	21,15
Dunkle Winterschicht	0,053	31,80
	0,083	20,82
	0,076	20,43
	0,068	23,66
	0,076	23,28
	0,091	20,80
	0,068	21,15
	0,060	25,69
	0,076	26,30
Dunkle Winterschicht	0,076	31,65
	0,076	30,51
	0,076	23,82
	0,106	21,96
	0,090	22,00
	0,089	27,66
Dunkle Winterschicht	0,060	30,58
	0,060	25,58
	0,060	18,07
	0,060	19,74
	0,045	20,50
	0,060	24,40
	0,068	25,18
Dunkle Winterschicht	0,036	31,09

Tabelle 1

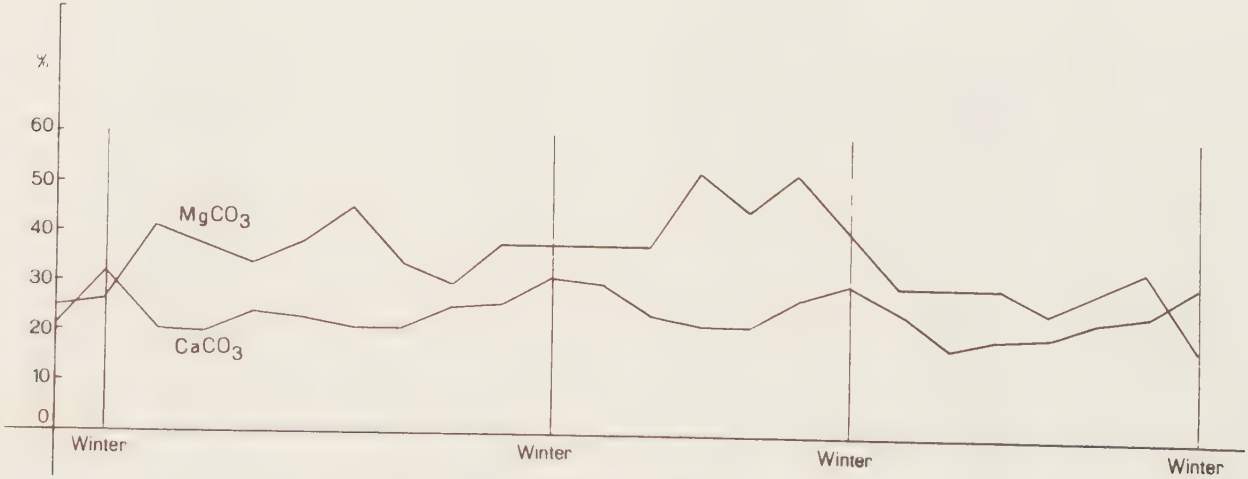


Fig.5 Die Verteilung von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ in Jahreswarven der Rosenheimer Bandertone (Grube Hamberger). (Der $MgCO_3$ - Anteil ist 50 - fach überhöht gezeichnet).

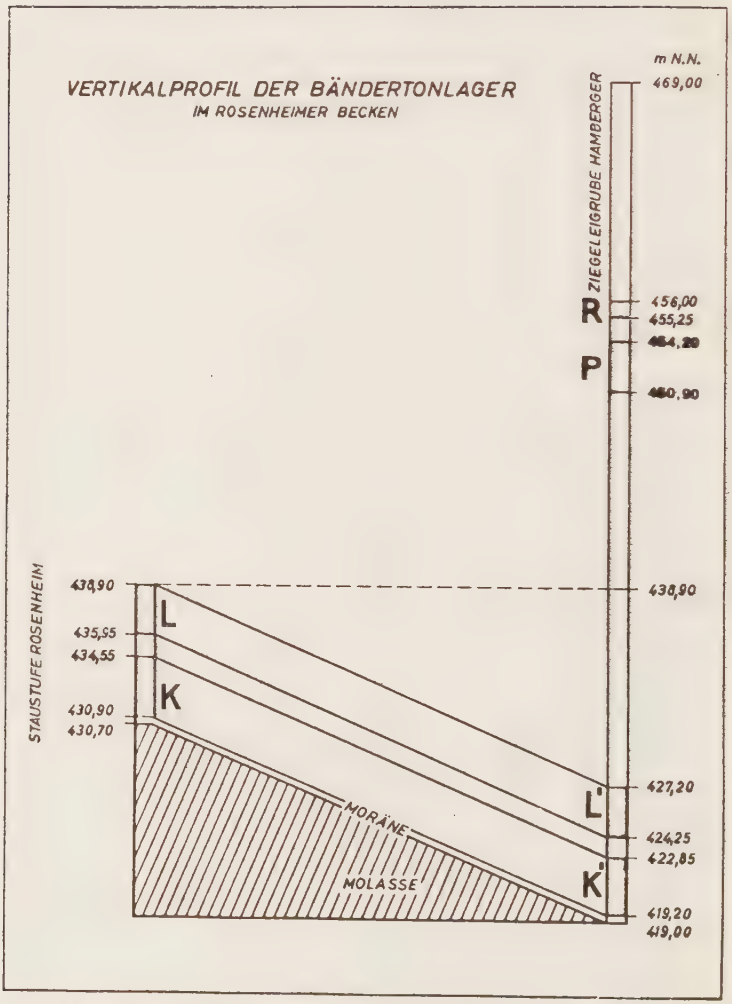


Fig. 6 Vertikalprofil der Bändertonlager (nach W. Schumann, 1965, S. 99)

Der Profilabschnitt P ist neu hinzugekommen

B. Die fluviogenen Decktone

An das Bändertonprofil schließt nach oben ein ungebänderter, homogen erscheinender Deckhorizont. Da eine unmittelbare geochronologische Auswertung dieses oberen Decktonbereiches bisher nicht versucht worden ist, wurde eine eingehende Untersuchung dieses Horizontes angeregt.[1]

1. $CaCO_3$ Untersuchungen

Über 100 Karbonatbestimmungen, die von Tonproben aus dem Decktonbereich alle 2, bzw. 3mm gemacht wurden, vermochten keinen Rhythmus in der Sedimentierung aufzudecken.

2. Pollenuntersuchungen

Ein durch die Blühzeit der Pflanzen bedingter jahreszeitlicher Pollenniederschlag vermag wohl den eindrucksvollsten Nachweis für saisonale Schichtung zu liefern. Untersuchungen von Rosenheimer Bänder- und Decktonproben auf ihren Pollengehalt brachten keine Anzeichen für einen jahreszeitlichen Pollenniederschlag. Im Verlauf unserer Untersuchungen wurden ein einziger Baumpollen (Pinus sp.), sowie ein Gräserpollen (Graminea) im Decktonbereich gefunden.Hinsichtlich der Herkunft und Entstehungszeit dieser Pollen kann man nur Vermutungen anstellen. 1. Es besteht die Möglichkeit, daß diese Pollen von Westwinden herangetragen wurden. 2. Ebenso kann es sich um spätglaziale Fernflugpollen aus dem mediterranen Süden han-

---

1) "Ob sich bei den fluviogenen Decktonen des Rosenheimer Beckens ein jahresmäßiger Rhythmus der Sedimentierung trotz fehlender Strukturen irgendwie erfassen läßt, bedarf weiterer Untersuchungen. Es wäre denkbar, daß Analysen auf den Karbonatgehalt oder vielleicht auch die Pollenverteilung in den Ablagerungen eine saisonbedingte Sedimentation erkennen ließen." (SCHUMANN,1965, S.76).

deln. In den Mooren des Chiemseebeckens (östlich des Rosenheimer Beckens gelegen) wurden z.B. Myrthenpollen gefunden, die einwandfrei aus dem Süden stammen.[1] 3. Auch die Möglichkeit, daß es sich um Pollen vereinzelter Vorkommen aus der nahen Nachbarschaft handelt, ist für die Spätglazialzeit nicht auszuschließen. 4. Es besteht sogar die Möglichkeit, daß es sich um interglazial abgelagerte und glazial aufgearbeitete Pollen handelt.

3. Feinstrukturuntersuchungen mit Hilfe von Dünnschliffen

Ein näherer Nachweis über Fehlen oder Vorhandensein von Feinstrukturen in den homogen erscheinenden Decktonen der Rosenheimer Seesedimente ist bisher nicht erbracht worden. Ohne einen solchen Nachweis lassen sich natürlich auch keine Aussagen über eine geochronologische Auswertbarkeit der Decktone machen.

Da in der Geologie und Petrographie für Feinstrukturuntersuchungen Dünnschliffe verwendet werden, so wurden für den vorliegenden Zweck Versuche mit dieser Methode unternommen. Sie hatten einen gewissen Erfolg. Als "Dünnschliff" bezeichnet man "ein bis zur Durchsichtigkeit dünngeschliffenes Gestein, Mineral oder Fossil mit ca. 0,02 - 0,04mm als mittlere Dicke. Ein Dünnschliff wird auf besonderen Dünnschliffmaschinen (die nichts anderes als eine Drehscheibe, mit einem Schleifpulver bestreut, sind) hergestellt. Erst wird die eine angeschliffene Seite mit einem Kunstharz oder Kanadabalsam angeklebt, worauf dann die andere Seite dünngeschliffen wird. Zum Schluß wird mit einem Deckgläschen abgedeckt." (Zitiert nach: Westermann's Lexikon der Geographie, Braunschweig 1966) Von harten Gesteinen (wie z.B. von Graniten) fällt die Herstellung solcher Dünnschliffe relativ leicht. Dichte Lockergesteine hingegen (wie z.B. Tone und Schluffe) müssen vor dem Dünnschleifen erst gehärtet werden.

---

1) Nach freundlicher mündlicher Auskunft von Herrn Dr. Schmeidl, Moorforschungsstelle Bernau/Chiemsee.

Mit dem Problem der Härtung sandig-toniger Lockersedimente hat sich in den letzten Jahren vor allem H.E.REINECK befaßt. REINECK entwickelte dabei geeignete Härtungsverfahren auf der Grundlage von Spezialkunstharzen (1958,1963).

Für unsere Aufgabe bot sich vor allem das von REINECK entwickelte Naßhärtungsverfahren an, mit dessen Hilfe Lockersedimente in feuchtem oder nassem Zustand vorgehärtet werden können. Dadurch fällt das bei normaler Trocknung sehr häufige Zerreißen des Sediments fort. Das Verfahren erfordert einen Zeitaufwand von mehr als zwei Wochen für die Vorbehandlung einer Probe. Für meine Untersuchungen kam ein solcher Zeitaufwand jedoch nicht in Frage. Es mußte vielmehr versucht werden, sie in den mit Arbeit ohnehin ausgelasteten Labors des Geologischen Institutes der Universität München in wenigen Tagen durchzuführen. Um Zeit zu sparen wurde der Versuch gemacht, die Naßhärtungsmethode von REINECK so abzuändern, daß der erste Arbeitsgang dieser Methode, die Vorhärtung der feuchten Proben, ganz eingespart werden konnte. Die Methode der langsamen Lufttrocknung hatte ein Zerreißen der Tonproben weitgehend verhindert, so daß eine Naßhärtung unnötig erschien. Zum anderen wurde auch der zweite Arbeitsgang der Methode, die Nachhärtung der luftgetrockneten Proben so abgeändert, daß er ebenfalls eine Zeitersparnis bedeutete.

Diese stark abgeänderte Härtungsmethode ließ sich überraschenderweise bei sämtlichen Tonproben sowohl aus dem Bänder- als auch aus dem Decktonbereich erfolgreich anwenden (die Dichte der Proben bewegte sich zwischen den Werten 2,68 und 2,56) und erfordert nurmehr einen Zeitaufwand von 1 $^{1}/2$ Tagen.

Die Härtungsmethode wird im folgenden kurz beschrieben: Luftgetrocknete Tonproben (s.Kap.IV A, Anmerkung 1) von der Größe 5 x 2 x 2cm werden in kleine Staniolpapiertaschen gesetzt und bei 50°C im Trockenschrank 24 Stunden getrocknet

(während der letzten Stunde erfolgte die Trocknung unter Vakuum). Die evakuierten Proben werden mit einer Kunstharzlösung übergossen. Zur Herstellung dieser Lösung werden 100g Araldit F Gießharz, 100g Härter Hy 905, sowie 0,1g Beschleuniger 905 benötigt (sämtliche Chemikalien stammen von der Fa. CIBA, AG., Basel/Schweiz). Das Ganze wird auf einer Heizplatte unter Umrühren auf 90°C bis zur Dünnflüssigkeit erhitzt. Die mit dieser Lösung getränkten Proben werden 15 bis 30 Min. bei einem Druck von 40 Torr evakuiert. Anschließend läßt man die Proben 4 Stunden bei 140°C aushärten.

Beim Herausnehmen aus dem Trockenschrank zeigt sich, daß die Kunstharzlösung jeweils 2-3mm tief in die Sedimentproben eingedrungen ist. Diese wenigen Millimeter getränkten Sediments, die mit einer diamantbesetzten Blattsäge vom nicht getränkten Tonstück abgetrennt werden, genügen, um davon nach der oben beschriebenen Weise Dünnschliffe herstellen zu können.

Es wurden insgesamt 30 Tonproben diesem Härtungsverfahren unterzogen und von sämtlichen Proben Dünnschliffpräparate hergestellt. Liese wurden anschließend unter dem Polarisationsmikroskop mit einem Adox KB 14 Film photographiert. Die Abb. 3-6 sind Beispiele solcher Photographien. Der besseren Anschaulichkeit wegen wurden sie 10-fach vergrößert.

Man sieht, daß diese Bilder die Struktur der Tonpräparate überraschend deutlich aufdecken. So zeigt das Dünnschliffbild einer Probe aus dem unteren Decktonbereich in 455,8m Höhe eindeutig Spuren einer Wechselschichtung (s.Abb.4): auf dem Bild sind drei, etwa gleichmächtige hellere Streifen zu erkennen, die mit dunkleren Streifen abwechseln. Solche Strukturen finden sich auffallend regelmäßig in einem etwa 1,40m mächtigen Bereich unmittelbar über den Bändertonen. Die Mächtigkeit einer solchen Hell-Dunkellage beträgt durchschnittlich 6mm und entspricht damit genau der mittleren Jahresschichtenmächtigkeit der darunter gelegenen Bändertone (vgl.Abb.3). Hinzu kommt der bereits erwähnte typische Hell-Dunkel-Gegensatz. Regelmäßigkeit, Mächtigkeit und Hell-Dunkel-Gegensatz dieser Strukturen lassen schwerlich eine andere Erklärungsmöglichkeit zu, als daß es sich hier um

Abb. 3 Dünnschliff-Aufnahme des Bändertonsediments (451,7m NN). Die Begrenzungsstriche am rechten Bildrand markieren Jahresschichten. Vergröß. 10-fach.

Abb. 4
Dünnschliff-Aufnahme des Decktonsediments (455,8m NN). Die Aufnahme zeigt deutliche Spuren einer Hell-Dunkel-Wechselschichtung in einem nach außen hin gänzlich homogen erscheinenden Horizont. Die Wechselschichtung wird als Jahresschichtung gedeutet.
Vergröß. 10-fach.

Abb. 5 Dünnschliff-Aufnahme des Deckton-Sediments (458m NN). Die Aufnahme zeigt, daß hier das Sediment bereits deutlich homogen ist. Vergröß. 10-fach.

Abb. 6 Dünnschliff-Aufnahme des Deckton-Sediments (464m NN). Das Sediment ist eindeutig homogen. Vergröß. 10-fach.

eine Fortsetzung jahreswarwiger Strukturen über den offensichtlich gebänderten Tonhorizont hinaus handeln muß. Übergänge vom gebänderten zum homogenen Horizont sind also vorhanden.

Die angedeutete Wechselschichtung der Abb.4 weist auf sedimentationsstörende Vorgänge hin, wie sie in erster Linie im sog. Epilimnion eines Sees, d.h. in der zirkulierenden Oberschicht des Wassers, stattfinden (siehe auch das anschließende Kap.V, in dem diese sedimentationsstörenden Vorgänge ausführlich besprochen werden).

Auf den beginnenden Einfluß des Epilimnions weist außerdem der Entnahmeort dieser Probe etwa 13m unterhalb der Tonobergrenze, was einer ehemaligen Seetiefe von etwa 22m entspricht.

Die Dünnschliffaufnahme einer Probe aus 458m Höhe, d.h. 20m ehemaliger Seetiefe (s.Abb.5) zeigt keine Schichtungsmerkmale mehr, ebensowenig tun dies Aufnahmen von noch weiter oben entnommenen Proben (s.Abb.6). Mit der immer weiter fortschreitenden Auflandung des ehemaligen Rosenheimer Sees wurden die einer ruhigen Sedimentation hinderlichen Vorgänge im Epilimnion rasch so stark, daß auch Spuren einer Wechselschichtung ausbleiben. Das Sediment ist eindeutig homogen.

V. Ursachen des Strukturschwundes im Decktonbereich

Bei den unteren Bändertonablagerungen der Grube Hamberger deutet nichts auf eine nennenswerte Störung während des Sedimentationsvorganges. In großer Regelmäßigkeit liegen die einzelnen Tonbänder übereinander. In starkem Kontrast dazu steht die Physiognomie des Decktonhorizontes, dessen Sediment nach außen hin homogen erscheint. Die möglichen Ursachen, die für eine so verschiedenartige Ausbildung der beiden Horizonte in Frage kommen, werden im folgenden diskutiert:

1. Die oxydative Zersetzung organischer Substanz

Wie in Kap.IV, A 3 ausgeführt, kommt der Hell-Dunkel-Gegensatz der Bändertonablagerungen in erster Linie dadurch zustande, daß der Anteil organischen Materials in den Winterschichten konzentrierter ist. Im Decktonbereich fehlen diese dunklen Winterlagen bis auf Spuren. Es ist daher anzunehmen, daß ein Großteil der organischen Substanz unter dem Einfluß des seichter gewordenen[1], sauerstoffreicheren Seebeckens oxydierte. Die mehr bräunlichen und rötlichen Farben der Decktone deuten jedenfalls auf verstärkte Oxydation hin.

2. Der Einfluß von Wind

Die Korngrößendifferenzierung spielt bei der Ausbildung der Jahresschichtung der fluviogenen Bändertone zwar nur eine untergeordnete Rolle, aber ist dennoch vorhanden. Das völlige Fehlen einer Korngrößendifferenzierung besonders im oberen Decktonbereich kann einmal durch den Windeinfluß verursacht sein. Eine Durchmischung der oberflächennahen Wasserschichten durch Wind erfährt mehr oder weniger jedes stehende Gewässer. Die Zone der Winddurchmischung, in der eine ruhige, ungestörte Sedimentation nicht stattfinden kann, weil bereits sedimentierte oder in Sedimentation begriffene Teilchen stets von neuem aufgewirbelt und umgelagert werden, scheint im ehemaligen Rosenheimer See den gesamten Bereich des Decktonhorizontes umfaßt zu haben. Dem Decktonhorizont fehlt die ungestörte Ausbildung einer jahreszeitlichen Wechselschichtung. Die Untergrenze des Decktonhorizontes liegt in der Grube Hamberger nach meinen Untersuchungen bei 455,6m. Bei einer Spiegelhöhe des Sees von 478m (C.TROLL, 1924, S.92) entspricht diese Untergrenze einer Seetiefe von 22,4m. Erst im unterhalb dieser Grenze gelegenen Bändertonbereich, scheint die

1) Die Tiefe des ehemaligen Rosenheimer Sees betrug zu Beginn der Sedimentierung der fluviogenen Decktone bei einer Spiegelhöhe von 478m noch etwa 22m.

nötige Ruhe für ungestörte Sedimentation geherrscht zu haben. Wenn Wellen den Boden berühren, kommt es in sandreichem Material sehr oft zur Ausbildung von Wellen- oder Oszillationsrippeln. Anzeichen für die Ausbildung solcher Rippelmarken im mehr tonig-schluffigen Rosenheimer Seesediment fehlen bisher.

Inwieweit sog. Seiches, d.h. Schaukelbewegungen des Seespiegels, wie sie durch atmosphärische Druckschwankungen hervorgerufen werden können, zu einer Aufwirbelung bereits sedimentierter Teilchen führten, ist nicht zu entscheiden. Ganz auszuschließen ist eine solche Möglichkeit jedoch nicht, nachdem z.B. E.WASMUND (1933, S.423) am Bodensee (größenmäßig dem ehemaligen Rosenheimer See vergleichbar) eine Wasserbewegung durch Seiches mindestens bis zu einer Tiefe von 20m festgestellt hat.

3. Der Einfluß der Wassertemperatur

FRASER,H.J. (1929) konnte experimentell nachweisen, daß abgesehen von Wind- und Strömungseinflüssen die Wassertemperatur einen entscheidenden Einfluß auf das Zustandekommen einer Wechsellagerung ausübt. Steigende Wassertemperaturen haben eine Abnahme der Viskosität des Wassers zur Folge. In Wasser von $0^{o}C$, so fand FRASER, haben feinste Tonpartikelchen eine viel geringere Absinkgeschwindigkeit als beispielsweise sandige Fraktionen,wohingegen bei höheren Wassertemperaturen (bei $10^{o}C$ z.B. beträgt die Viskosität nur noch 73% der Viskosität bei $0^{o}C$)die Teilchen sich in ihrer Fallgeschwindigkeit gegenseitig stark annähern. Nach W.SCHUMANN (1965) trifft diese Erkenntnis FRASERS auch auf den seicht gewordenen, an seiner tiefsten Stelle nurmehr etwa 23m tiefen, spätglazialen Rosenheimer See zu. Der seichte See, so meint SCHUMANN, hätte sich im Sommer jeweils so stark erwärmt, daß es zu einer größeren Viskositätsänderung gekommen sei. Wie stark diese Erwärmung gewesen sein soll, wird nicht näher erläutert. Die Untersuchungen W.SCHUMANNS und auch meine eigenen Untersuchungen ergaben, daß die Bildung der Rosenheimer Decktone in der älteren Dryaszeit erfolgte. Das Klima dieser Zeit war subpolar (in der Umgebung des Rosenheimer Beckens wuchs noch kein Wald) wobei die Bezeichnung "subpolar"

für das damalige Tundrenklima am Alpennordrand nur bedingt richtig ist. Der Alpennordrand erhielt auch schon im Spätglazial im Sommer auf Grund des steileren Einfallwinkels der Sonnenstrahlung weit mehr Strahlungsenergie zugeführt, als die subpolaren Breiten; außerdem stand das Rosenheimer Becken unter Föhneinfluß (Föhngasse des Inntals!).

Von rezenten größeren Seen des Alpenvorlandes ist bekannt, daß deren oberflächennahe Schichten sich bereits im Frühjahr, also bei noch relativ niedrigem Sonnenstand, beträchtlich erwärmen können. So hat z.B. J.BURZ (1951, S.14, Tab.3) bei Temperaturmessungen im Ammersee für den Frühlingsmonat Mai des Jahres 1950 eine mittlere Wassertemperatur von 10,54°C im Bereich bis zu 20m Tiefe feststellen können. Wenn dieser über 80m tiefe See im Frühjahr in den oberflächennahen Schichten eine solche Mitteltemperatur aufweisen kann, so ist es m.E. nicht ausgeschlossen, daß sich die seichte Wanne des spätglazialen Rosenheimer Sees in den Hochsommermonaten Juli und August, also bei hohem Sonnenstand, und unter Föhneinfluß noch um einige Grade stärker erwärmte und es so zu einer größeren Viskositätsänderung gekommen ist.

4. Der Einfluß der Bodenfauna

Eine Repetitionsschichtung kann auch durch eine Bodenfauna zerstört werden. Erhöhter Sauerstoffgehalt und damit verbundener hoher Nährstoffreichtum im seicht gewordenen Rosenheimer Becken waren der Entstehung einer Bodenfauna sicherlich günstig. Beweise für die Existenz einer Bodenfauna fehlen jedoch. Untersuchungen auf Gangsysteme möglicher Schlammbewohner fielen negativ aus.

VI. Zählung der Jahresschichten

Die Bändertonvorkommen der Grube Hamberger sind so entwickelt, daß ohne die Entnahme eines Profils und der anschließenden Präparation des Sediments im Labor keine Angaben über die Zahl der Jahresablagerungen gemacht werden können. Die Streifenbilder der präparierten Tone sind dagegen eindeutig lesbar. Die Streifenbilder werden photographisch festgehalten, um sie für spätere Kontroll- und Konnektionszwecke verwenden zu können (siehe Kap. VIII.2).

In manchen Fällen mögen sich solche Photostreifen auch zur Zählung von Jahresschichten eignen, besonders dann, wenn eine sehr saubere Wechselschichtung vorliegt. Doch auch in solchen Fällen ist immer die Gefahr gegeben, daß z.B. Trockenrisse, die auf der Photographie schwarz erscheinen, für Winterlagen gehalten werden.

Im vorliegenden Fall wurde die Zählung ausnahmslos am Original vorgenommen. Gezählt wurde jeweils von Winterschicht zu Winterschicht, und zwar immer dann, wenn das Sediment im Laufe der Trocknung das deutlichste Streifenbild zeigte. Das Sediment wird jedoch für die Zählung auch dann nicht wertlos, wenn der Trocknungsprozess schon so weit fortgeschritten sein sollte, daß eine Schichtung nicht mehr zu erkennen ist. Durch leichtes Anfeuchten der Sedimentoberfläche mit einem kleinen Pinsel beispielsweise wird das Streifenbild wieder jederzeit gut sichtbar. Am präparierten, d.h. luftgetrockneten Original ist, wie erwähnt, die Erkennbarkeit der meisten Jahresschichten leicht und zweifelsfrei. Die Gefahr einer Verdoppelung von Schichten etwa durch feine, tonige Einschwemmungsbändchen als Folge sommerlicher Hochwasser besteht freilich immer. Eine andere mögliche Fehlerquelle ist durch eventuell gestörte Sedimentteile gegeben. Im vorliegenden Fall besteht zwischen Profilkasten Ha23 und Profilkasten Ha24 eine Sedimentstörung, die in den obersten Partien des Profils Ha23 bereits angedeutet ist (siehe Abb.2). Die Störung erstreckt sich auf einen Bereich von 1,40 m

Mächtigkeit. Der auf dem Kasten Ha24 mit einem Strich markierte Trockenriss (s.Abb.2) deutet das Ende des gestörten Bändertonsediments nach oben und zugleich den beginnenden Deckhorizont an. Das gestörte Bändertonsediment ist auf Grund von Rutschungen sowie eingeschobener Partien von homogen erscheinendem Sediment für eine direkte Auszählung unbrauchbar. Bei einer durchschnittlichen Jahreswarwenmächtigkeit von 6mm in den unmittelbar darunter gelegenen Bändertonablagerungen und etwa gleichmächtigen, vereinzelt lesbaren Jahreswarwen innerhalb des gestörten Bändertonsediments, kann diese Lücke jedoch rechnerisch bei wahrscheinlich kleinem Fehler durch Interpolation geschlossen werden.

Nach diesen Vorbemerkungen nun zur Zählung selbst:

Als Ausgangspunkt für die Zählung wurde die mit 0 bezeichnete Jahreswarwe des Kastens Ha23 gewählt. Diese Jahreswarwe markiert nach oben das Ende des noch ungestörten Bändertonpakets und liegt in 454,20m Höhe. Ihre deutliche Ausbildung sowie ihre Lage im obersten Bereich des Bändertonprofils machen sie außerdem jederzeit wieder auffindbar.

Die Auszählung nach unten ergab 520 Jahresschichten für ein Profil von 3,30m Mächtigkeit. Das ergibt eine mittlere Jahreswarwendicke von etwa 6mm. Die rechnerische Interpolation des 1,45m mächtigen, gestörten Sedimentteils mit einer Jahreswarwenmächtigkeit von ebenfalls 6mm ergibt 241 Jahre. Im Bereich oberhalb dieses gestörten Sedimentteils, im Decktonbereich also, deuten regelmäßig auftretende Spuren von Jahresschichtung (s.Abb.4) zunächst auf eine Fortsetzung einer ähnlichen Jahreswarwenmächtigkeit über den offensichtlich jahresgeschichteten Bänderton hinaus. Riesenwarwen von einem halben bis zu einem Meter Mächtigkeit, wie sie MATTI SAURAMO, der berühmte finnische Geochronologe, nach einem allerdings flüchtigen Besuch in der Grube Hamberger im oberen Decktonbereich vermutete, konnten nicht festgestellt werden.

Macht man nun den Versuch mit dieser auch im oberen Decktonbereich angedeuteten Jahreswarwenmächtigkeit von 6mm diese Deck-

tonablagerungen (Gesamtmächtigkeit: 13,35m) zu extrapolieren, so kommt man auf 2225 Jahresablagerungen.[1]
Für die Bildungsdauer der Tonablagerungen der Grube Hamberger ergibt sich demnach - nachfolgende Tabelle demonstriert dies noch einmal - ein Alter von insgesamt 2986 Jahren.

	N.N. in m	Mächtigkeit in m	Jahre (interpoliert bzw. extrapoliert)	Warwen-mächtigkeit in mm
Obergrenze des Decktons	469,00			
		13,35	(2225)	6
Untergrenze des Decktons = Obergrenze des Bändertons	455,65			
Gestörtes Bändertonsediment		1,45	(241)	6
Obergrenze des ungestört geschichteten Bändertons	454,20			
		3,30	520	6
Grubensohle	450,90		2986	

Tab. 2

Alter der Tonablagerungen der Grube Hamberger.

1) W.SCHUMANN (1965), der diesen Deckhorizont (W.SCHUMANN rechnet mit einer Gesamtmächtigkeit von 13m) ebenfalls rechnerisch mit einer angenommenen Warwenmächtigkeit von 4mm extrapolierte, kommt auf 3333 Jahresablagerungen. Gleichzeitig wird jedoch darauf hingewiesen, daß diese Extrapolation mit einer nur gering angenommenen Warwenmächtigkeit zu stark ins Gewicht fallen würde, wodurch die Zahl der Jahre ungerechtfertigt hoch sei (1965, S.101).

VII. Zeitliche Einordnung der Jahresschichten

1. Anschluß an die historische Zeit

Die ältesten, auffindbaren Pollen im Liegenden der Rosenheimer Moore die Ia Pollen der ältesten Dryaszeit reichen etwa 12000 Jahre v.Chr. zurück (vgl. dazu FIRBAS,FR.,I,1941,S.104, sowie SCHUMANN,W.,1965,S.102). Rechnet man dazu eine Zeit von ca. 3000 Jahren für die Hamberger Tonablagerungen, so fällt die Bildungszeit dieser Seetone in den Zeitraum zwischen 15000 - 12000 v.Chr.
Eine Kontrolldatierung mittels einer C^{14}-Bestimmung beispielsweise, die die Gültigkeit dieser Größenordnungsangaben bestätigen könnte, konnte noch nicht durchgeführt werden. Organische Reste, die sich für eine solche Bestimmung eignen würden, fehlen nach den bisherigen Erfahrungen in den Rosenheimer Seetonen.

2. Anschluß an die Datierung von W.SCHUMANN

Auf Grund der Untersuchungen SCHUMANNS stehen im Rosenheimer Stammbecken drei selbständige, nicht miteinander konnektierbare Bändertonprofile zur Verfügung, die jedoch geochronologisch ausgewertet, d.h. ausgezählt werden konnten. Diese Bändertonprofile sind Teilprofile des etwa 50m mächtigen Gesamtprofils spätglazialer Tonablagerungen. SCHUMANN hat diese Profilabschnitte mit Buchstaben (K,L und R) bezeichnet, um sie eindeutig in seine Zeitskala einordnen zu können.[1] Zur Situation dieser Profilabschnitte im gesamten Vertikalprofil siehe Fig.6.

---

1) "Die Buchstaben sind mit Bezug auf das relative Alter der Profilteile nach dem Alphabet geordnet. Die Zählung erfolgt von unten nach oben. Abschnitt A umfaßt demnach die älteste Ablagerungsfolge, Abschnitt Z die jüngste.
Um auch bei der weiteren geochronologischen Datierung im Gebiet des Inngletschers dieses vorgezeichnete System beibehalten zu können, sind die Buchstaben für die von mir erstuntersuchten Schichtserien im Rosenheimer Becken so gewählt, daß genügend Spielraum im Alphabet für entsprechende Ergänzungen bleibt. Den ältesten Ablagerungen in

Meine Untersuchungen in der Grube Hamberger erbrachten ein weiteres Tonprofil, das mit den bereits vorhandenen Profilabschnitten nicht direkt konnektierbar ist und nach dem Vorbild von W.SCHUMANN mit dem Buchstaben P bezeichnet werden soll. Der Abschnitt reicht von 450,9m N.N.-454,2m N.N. Die Zeitskala von W.SCHUMANN umfaßt ohne diesen Profilabschnitt P 7906 Jahre (s.Tab.3). Die Einordnung des Tonprofils P (520 gezählte Jahre) in die SCHUMANNSCHE Zeitskala (s.Tab.4) ergibt für den ehemaligen Rosenheimer See ein Alter von 6889 Jahren. Diese Zahlenangaben dürfen natürlich nicht absolut genommen werden, weil sie auf Grund von z.T. exakten Zählungen, z.T. von Inter-und Extrapolationenzustande kommen. In der Größenordnung aber paßt die Altersangabe von 6889 Jahren gut zu W.SCHUMANNS Ergebnis (1965,S.101) hinsichtlich des Alters des Rosenheimer Sees: "Für den Rosenheimer See müssen wir... ein Alter von 6-8000 Jahren ansetzen. Das Mittel von 7000 Jahren halte ich, nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen, für vertretbar. Ich lege diesen Wert bei weiteren Berechnungen zugrunde."
Dieses Mittel von 7000 Jahren für das Alter des Rosenheimer Sees deckt sich auch mit einem Wert, den man aus den bis jetzt vorliegenden Zahlenangaben der Rosenheimer Hauptzeitskala statistisch ermitteln kann. Man geht dabei von der Überlegung aus, daß alle derzeitigen Einzelangaben hinsichtlich des Alters des Rosenheimer Sees höchstenfalls auf etwa hundert Jahre genau sein können. Bei der Ermittlung des Wertes wurden deswegen die einzelnen Zahlenangaben jeweils auf ein volles Hundert auf- bzw. abgerundet. Die Summe der auf- und abgerundeten Summanden ergibt 7000. Die beim Auf- und Abrunden jeweils addierten und subtrahierten Zahlen werden ebenfalls summiert und durch die Anzahl der acht Summanden

---

zu 1) dem Zweigbecken des Inngletschers wären etwa die Buchstaben A bis J, dem Stammbecken K bis S und den jüngsten Bändertonen im Inntal die Buchstaben T bis Z zugedacht.
Werden die "Abschnitte" im Laufe weiterer Untersuchungen durch Verknüpfung miteinander verlängert, so entfallen die verschiedenen Buchstaben, bis schließlich die ganzen Ablagerungsserien des würmzeitlichen Inngletschers in einer einheitlichen und durchzählenden "Hauptzeitskala" erfaßt sind, die nach dem Hauptort "Rosenheimer Hauptskala" genannt werden soll."
(zitiert nach W.SCHUMANN, 1965, S.94 f)

dividiert. Die erhaltene Zahl ± 26 gibt den durchschnittlichen Fehler an, den man beim Auf- bzw. Abrunden begeht. Bei acht vorhandenen Summanden wird dieser durchschnittliche Fehler insgesamt achtmal auf die einzelnen Summanden umgeschlagen, so daß bei einer Altersangabe von 7000 Jahren für den Rosenheimer See eine zusätzliche Fehlerschwankung von maximal ± 200 Jahren berücksichtigt wird (s. Tab. 4)

Abschnitt		N.N.	Mächtigkeit in m	Warwenzahl ( ) errechnet	Mittlere Warwenmächtigkeit in mm
Tonobergrenze		469,00			
		Lücke	13,00	(3333)	(4)
R	Obergrenze	456,00[1]			
			0,75	192	4
	Untergrenze	455,25			
		Lücke	28,05	(3507)	(8)
L'	Obergrenze	427,20			
			2,95	288	10
	Untergrenze	424,25			
		Lücke	1,40	(155)	(9)
K'	Obergrenze	422,85			
			3,65	431	9
	Untergrenze	419,20			
				7906 Jahre	

Tab. 3

Die Rosenheimer Hauptzeitskala von W. SCHUMANN (1965, S.100)

1) Nach den Angaben SCHUMANNS liegt die obere Bändertongrenze bei 456m N.N. (1965, S.76). Nach meinen Untersuchungen liegt diese bei 455,65m. Die geringe Differenz von 0,35m ist höchstwahrscheinlich eine Folge lokaler Rutschungen. Für den weiteren Ausbau der Rosenheimer Zeitskala ist m.E. die Bändertonobergrenze von 456m N.N. vorzuziehen, da W.SCHUMANN nach seinen Angaben (1965, S.76) noch bei 456m N.N., d.h. bei 22m Seetiefe warwige "Bändertone" fand, die direkt auszählbar waren, während ich in diesem Bereich bereits extrapolieren mußte (s. Tab. 2).

		N.N. in m	Mächtigkeit in m	Warwenmächtigkeit in mm	Jahre (inter-bzw.extrapolierte Jahre in Klammern)	(auf volle 100 auf- bzw.abgerundet;addierte bzw.subtrahierte Jahre in Klammern)
	Tonobergrenze	469,00				
		Lücke	13,00	(6)	(2166)	2200 (+34)
R	Obergrenze	456,00				
	Untergrenze	455,25	0,75	4	192	200 (+8)
		Lücke	1,05	(6)	(175)	200 (+25)
P	Obergrenze	454,20				
	Untergrenze	450,90	3,30	6	520	500 (-20)
		Lücke	23,70	(8)	(2962)	3000 (+38)
L	Obergrenze	427,20				
	Untergrenze	424,25	2,95	10	288	300 (+12)
		Lücke	1,40	(9)	(155)	200 (+45)
K	Obergrenze	422,85				
	Untergrenze	419,20	3,65	9	431	400 (-31)
					6889	7000 (± 200)

Tab.4: Die Rosenheimer Hauptzeitskala (erweitert)

VIII. Konnektionsmethoden

1. DE GEER's Methode der diagrammatischen Warwenverknüpfung[1]

DE GEER's Methode beruhte auf der Parallelisierung benachbarter Profile mit Hilfe von Warwogrammen.
Kennzeichnend für die skandinavischen Bändertone ist, daß sie so gut wie an keiner Stelle vollzählig übereinander liegen. Jedes Tonband ist nur bis zu einer gewissen Entfernung vom zugehörigen Eisrand nach vorwärts zu verfolgen und erreicht nach rückwärts mit der Eisrandlage sein Ende. Die dachziegelartige Anordnung der Bänder, die dadurch entsteht erstreckt sich über den gesamten skandinavischen Sedimentationsraum und macht bei warwengeochronologischen Untersuchungen Konnektionen (Verknüpfungen) notwendig.

In den eng begrenzten Sedimentationsbecken des Alpenvorlandes fehlt eine solche dachziegelartige Anordnung der Bänder. Die mächtigen Sedimentpakete umfassen Ablagerungen, die von der Grundmoräne bis zum späteiszeitlichen Deckton reichen. Schichtstörungen, die erfahrungsgemäß immer wieder auftreten, machen jedoch Teile des Sedimentprofils für eine unmittelbare geochronologische Auswertung unbrauchbar. In solchen Fällen wird man versuchen, vorhandene Lücken mit Hilfe eines benachbarten, ungestörten Profils zu schließen.

Konnektionen sind demnach auch bei warwengeochronologischen Untersuchungen im Alpenvorland notwendig.

---

1) Bekanntlich hat DE GEER bei seinen Grabungen senkrecht an die geglättete Aufschlußwand Papierstreifen gelegt und auf diesen die Banddicke der einzelnen Jahresschichten markiert. Für die Parallelisierung wurde ein Diagramm entworfen, in dem die Jahre in gleichen Abständen als Abszisse und die Bandmächtigkeit als Ordinaten aufgetragen wurden. Die Verbindungslinie der Ordinaten ergab eine Kurve von sägenartiger Form, ein sog. Warwogramm. Zur Parallelisierung wurden Warwogramme solange gegeneinander verschoben, bis sie Übereinstimmung zeigten.

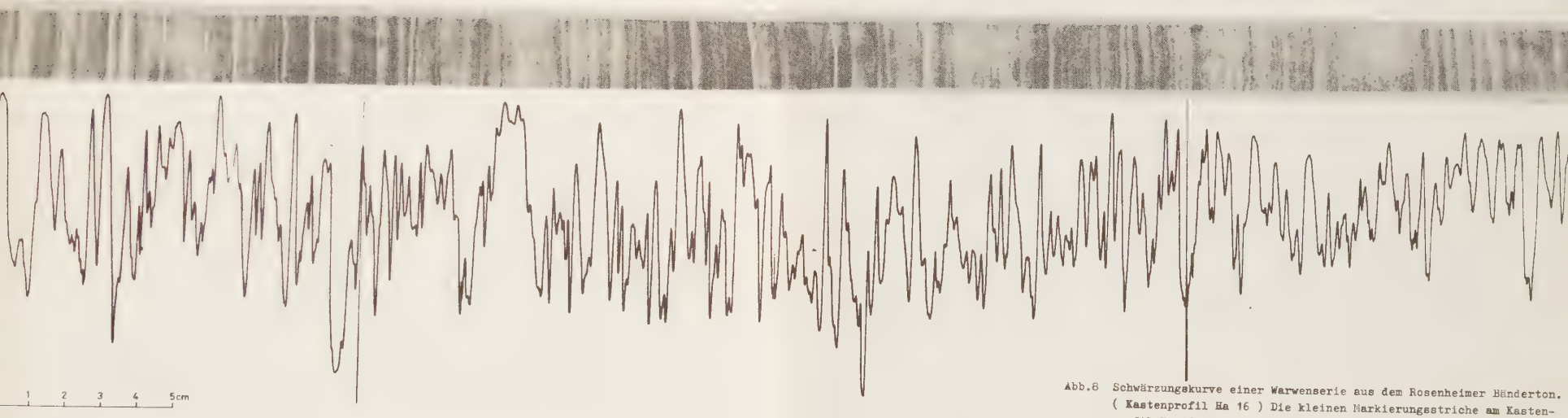
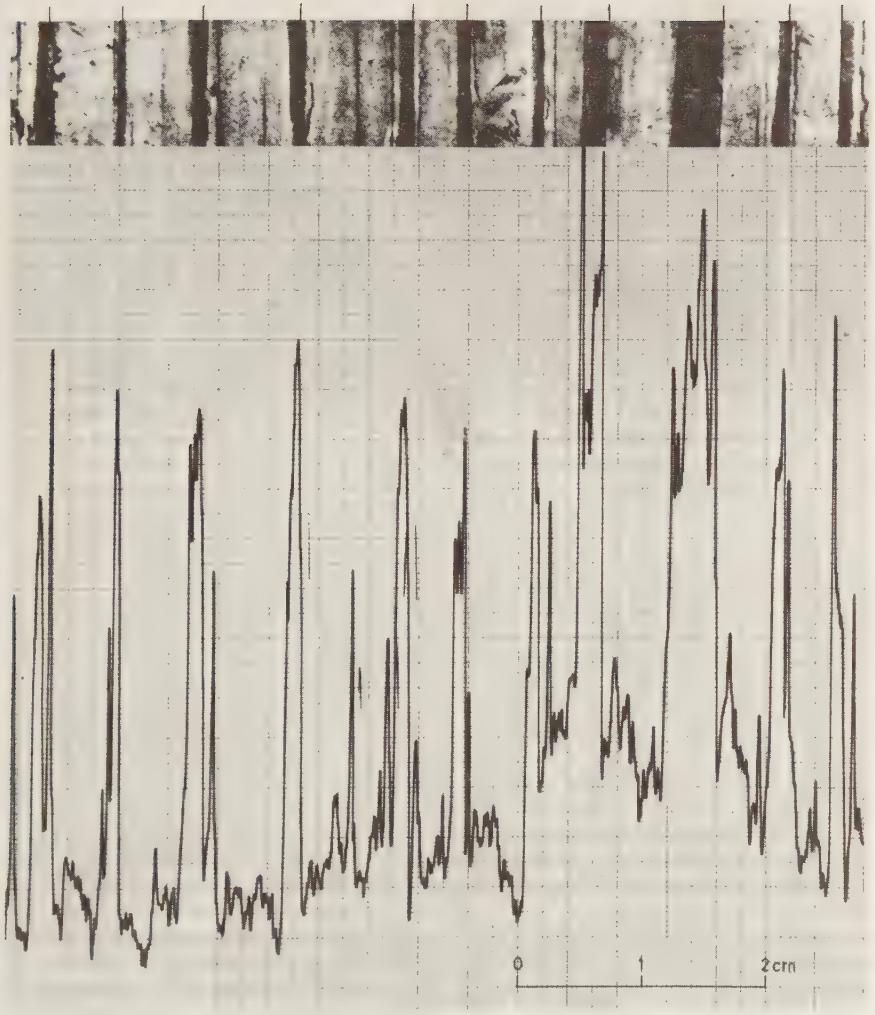


Abb.8 Schwärzungskurve einer Warwenserie aus dem Rosenheimer Bänderton. (Kastenprofil Ha 16) Die kleinen Markierungsstriche am Kastenprofil Ha 16 begrenzen jeweils Jahresschichten.


0
1
2cm

DE GEERS Methode der diagrammatischen Warwenverknüpfung ist auf die im Alpenvorland herrschenden Verhältnisse nur bedingt übertragbar. Im feingebänderten Anstehenden, wie im Fall der Grube Hamberger bei Rosenheim, ist ein genaues Messen der aufeinanderfolgenden Schichten nicht möglich. Erst nach der Präparation des jeweiligen Sedimentprofils im Labor läßt sich eine genaue Aussage über Stratigraphie und Farbgebung machen (siehe Kap.IV, A/1, Anm.1). Von den präparierten Tonen allerdings, könnten Warwogramme gezeichnet werden. Ihre Anfertigung ist jedoch äußerst zeitraubend und mühsam.
Im folgenden wird eine neue Methode vorgestellt, die eine wesentlich raschere und sichere Konnektion erlaubt.

2. Konnektionsmethode mit Hilfe von Schwärzungskurven

Die Methode beruht auf der Schwärzungsmessung photographierter Tonprofile mit Hilfe eines sog. Microdensitometers. Unter Schwärzung versteht man den Logarithmus des Verhältnisses zwischen auffallendem und durchgelassenem Meßlichtstrahl auf eine photographische Schicht, oder mathematisch ausgedrückt: S (Schwärzung) = log $^{1}/_{\tau}$. Verwendet wurde bei unseren Untersuchungen ein sog. Double-Beam Recording Microdensitometer der Firma Joyce/Loybl & Co Ltd./England. Das Gerät zeichnet die mehr oder weniger deutlichen Schwärzungsunterschiede photographierter Bändertone in Form einer Schwärzungskurve auf.

Arbeitsprinzip des Double-Beam Recording Microdensitometers:

Das Prinzip beruht auf einem Zweistrahlsystem. Von einer gemeinsamen Lichtquelle gehen zwei Strahlengänge aus, die abwechselnd auf demselben Sekundärelektronenvervielfacher (Photomultiplier) enden. Herrschen in den beiden Strahlengängen unterschiedliche Lichtströme, so wird dieses Signal benutzt, um - nach Verstärkung - mit Hilfe eines Servomotors einen kontinuierlichen Graukeil in den betreffenden Strahlengang so weit hineinzubefördern, daß die Intensitätsdifferenz auf Null sinkt. Auf diese Weise wird eine kontinuierliche Nullmethode erreicht.

Die Aufzeichnung der Schwärzung erfolgt mit einer Feder, die sich in fester Verbindung mit dem Graukeil befindet. Der Registriertisch wird von einem weiteren Servomotor angetrieben, und zwar proportional den örtlichen Schwärzungsänderungen. Vom Registriertisch wird über einen Hebarm der Probentisch mit den Photostreifen befördert. Die Registriergeschwindigkeit läßt sich über einen Bereich von ca. 1cm/min bis 32cm/min kontinuierlich regeln (im wesentlichen übernommen von KUNERT,M.: "Messung der Kontrastübertragungsfunktion an photographischen Schichten", Mü 1962).

Folgendes Experiment wurde gemacht:

Zwei Photostreifen verschiedener Tonprofile (das eine Profil stammt aus Schweden/Duved, Jämtland , das andere aus Rosenheim/Grube Hamberger) wurden auf dem Probentisch des Microdensitometers senkrecht zum Schichtungsverlauf auf ihre Schwärzung hin ausgemessen. Die Geschwindigkeit der durchlaufenden Profile betrug dabei etwa 4cm/min. Die Schwärzungswerte bewegten sich zwischen 0,2 und 1,5.

Das Ergebnis dieser Messung ist in den abgebildeten Schwärzungskurven festgehalten (Abb.7 u. Abb.8). Vergleicht man die beiden Kurven miteinander, so fallen bei Abb.7 die wesentlich weniger gestörten Kurvenanstiege ins Auge. Die maximalen Kurvenanstiegspunkte fallen dabei mehr oder weniger in ein und denselben Schwärzungsbereich. Die Ursache hierfür ist im scharfen, gegenseitigen Abheben der Hell- und Dunkellagen zu suchen. Der dazugehörige Photostreifen zeigt dies sehr deutlich. Die klare Trennung von Hell und Dunkel wiederum ist eine Folge der ausgeprägten Korngrößendifferenzierung im vorliegenden Profil. Betrachtet man die Schwärzungskurve des Rosenheimer Tonprofils (Abb.8) so spiegelt auch sie deutlich eine Wechsellagerung wieder. Zwischen die maximalen Kurvenanstiegspunkte schalten sich jedoch untergeordnete Schwankungen, die z.T. nicht mehr eindeutig einem Hell- oder Dunkelbereich zugeordnet werden können. Die geringen Korngrößenunterschiede in diesem Profil bewirken eine Reduzierung der Schwärzungsunterschiede. Graue Zwischentöne treten auf, die die Schwärzungskurve entsprechend registriert.

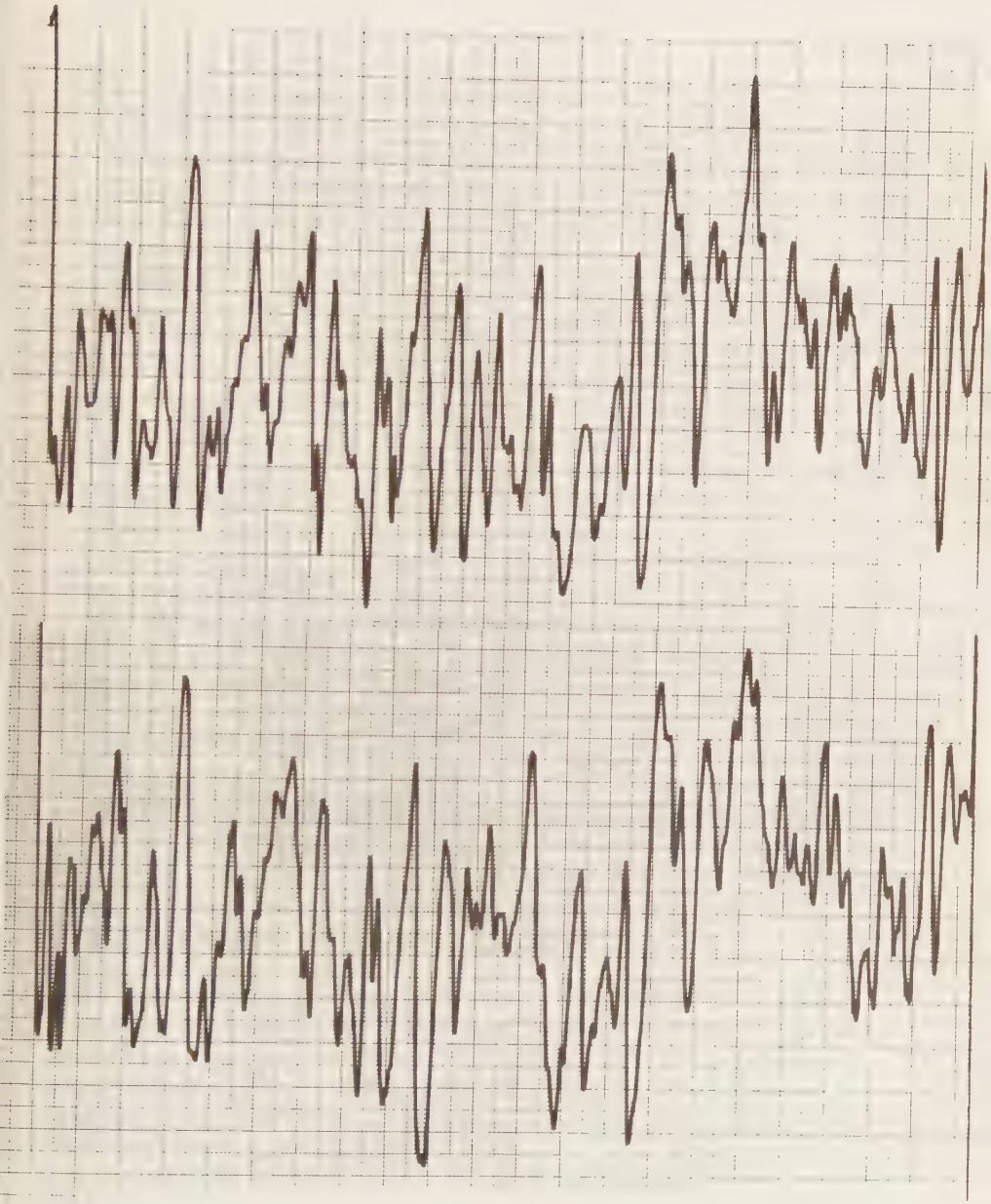


Abb. 9 Konnektion der Kastenprofile Ha20 / Ha21
mit Hilfe von Schwärzungskurven.

Untergeordnete Kurvenschwankungen werden auch durch kleine Verunreinigungen auf der Tonoberfläche, wie z.B. durch kleine Sandkörnchen verursacht. Werden diese vom photographischen Bild festgehalten und vom Meßstrahl des Microdensitometers überfahren, so erscheinen sie in der Schwärzungskurve als Kurvenausschlag. Auch Trockenrisse, insbesondere auf feingebändertem Sediment, die die Photographie als schwarzen Spalt wiedergibt, bewirken eine Verfälschung der Schwärzungskurve. Abb.7 demonstriert sehr anschaulich, daß die Schwärzungskurven auch Schichtmächtigkeiten wiedergeben. Ihre zusätzliche Registrierung trägt dazu bei, bestimmte Schichten noch eindeutiger zu identifizieren, als dies mit Hilfe von Warwogrammen geschehen kann.
Es wurde dann der Versuch gemacht, zwei sich überlappende Profilkästen der Hamberger Grube, die im Gelände etwa 1m auseinanderlagen, mit Hilfe von Schwärzungskurven zu konnektieren. An Hand der jeweiligen Photostreifen wurden das obere Teilstück vom Profil Ha20 und das untere Teilstück vom Profil Ha21 auf ihre Schwärzung hin ausgemessen. Die aus dieser Messung resultierenden Schwärzungskurven der beiden Profilteilstücke decken sich eindeutig. (s. Abb.9) Kleine Unregelmäßigkeiten in den Kurvenausschlägen waren aus oben genannten Gründen zu erwarten. Der Konnektionsversuch im Ganzen muß als gelungen bezeichnet werden. Er ist gerade auch deswegen überzeugend, weil bei ihm Kurzschwankungen innerhalb der einzelnen Jahressedimentation mit berücksichtigt werden, was bei der Methode von DE GEER nicht der Fall ist. Ein Konnektionsversuch, der über die Distanz von 1m gelingt, muß theoretisch bei gleichbleibenden Sedimentationsverhältnissen auch über größere Entfernungen möglich sein.

Für künftige warwengeochronologische Untersuchungen bedeutet dieses Verfahren insofern eine wesentliche Arbeitserleichterung und Zeitersparnis, als damit Konnektionen zumindest über kurze Entfernungen sehr rasch und zuverlässig durchgeführt werden können. Aufgabe der nächsten Arbeit, die die warwengeochronologischen Untersuchungen in Bayern fortsetzt, wird es vor allem sein, die Anwendbarkeit dieses Konnektionsverfahrens nun einmal auch über größere Entfernungen in einem einheitlichen Sedimentationsraum zu untersuchen.

IX. Zusammenfassung

Die von W.SCHUMANN begonnenen warwengeochronologischen Untersuchungen an Bändertonen des Rosenheimer Beckens wurden auf den unmittelbar über den Bändertonen liegenden Deckhorizont ausgedehnt und in einem zusammenhängenden Bereich erweitert. Die Rosenheimer Hauptzeitskala konnte um einen weiteren Profilabschnitt P (458,9m N.N. - 454,20m N.N.) erweitert werden. Es wurden in dem Abschnitt insgesamt 520 Jahresschichten gezählt. Die mittlere Mächtigkeit dieser Jahreswarwen beträgt 6mm.

W.SCHUMANN hat für die unterhalb des Profilabschnitts P gelegenen Teilprofile K und L (s. Tab.4) eine mittlere Jahresmächtigkeit von 9, bzw. 10mm, für das oberhalb des Profilabschnitts P gelegene Teilprofil R eine mittlere Jahreswarwenmächtigkeit von 4mm erhalten. Der dazwischen liegende aus dem Profilabschnitt P resultierende Wert von 6mm Jahreswarwenmächtigkeit bestätigt die aus Tabelle 3 ersichtliche, allgemeine Abnahme der mittleren Jahreswarwenmächtigkeit innerhalb des Bändertonbereichs (im engeren Sinne) nach oben hin. W.SCHUMANN hat auf Grund der von ihm ausgezählten Profilabschnitte K, L, R einen Mittelwert von 8mm für die Jahreswarwenmächtigkeit der gesamten Bändertonablagerungen erhalten. Dieser Wert ändert sich nur sehr wenig, wenn man das Mittel aus den nunmehr 4 Profilabschnitten bildet. Der errechnete Wert beträgt 7mm. Es besteht also eine weitgehende Übereinstimmung beider Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der mittleren Jahreswarwenmächtigkeit der gesamten Bändertonablagerungen (ohne Berücksichtigung der Decktone).

Die Decktone scheinen nach außen hin homogen zu sein. Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es vor allem, festzustellen, ob dieses Decktonsediment tatsächlich homogen ist, oder ob nicht doch irgendwelche, dem bloßen Auge vielleicht verborgene Kriterien auf eine jahresmäßige Sedimentation hindeuten.

Mit Hilfe von Dünnschliffpräparaten gelang es im Rosenheimer Decktonsediment Strukturen aufzudecken. Dabei wurde ein relativ rasches Verfahren zur Herstellung solcher Dünnschliffe erprobt. Stark vergrößerte Dünnschliffphotographien beweisen überzeugend, daß Spuren von Jahresschichten im untersten Bereich des Deckhorizontes vorhanden sind. Damit ist gezeigt, daß die Annahme, es handle sich hier um durch und durch homogenes Sediment, nicht zutrifft.

Für eine geochronologische Auszählung des Deckhorizontes reichen die aufgedeckten Schichtungsmerkmale jedoch nicht aus. Die vorhandenen Strukturen erlauben aber eine besser gesicherte rechnerische Extrapolation dieses Sedimentpakets, als dies bisher der Fall war.

Calciumcarbonatuntersuchungen, wie sie im weiter unten gelegenen Bändertonsediment zum Nachweis einer Jahresschichtung führten, ebenso Pollenuntersuchungen, vermochten keine Anhaltspunkte für eine jahreszeitliche Sedimentation im Decktonsediment zu erbringen.

Dagegen konnte der in den liegenden, limnofluviogenen Bändertonen vorliegende jahreszeitliche Calciumcarbonatrhythmus erneut bestätigt werden. Außerdem wurde ein, sich in seiner Verteilung zum Calciumcarbonatgehalt genau umgekehrt verhaltender Magnesiumcarbonatgehalt in den Bändertonen der Grube Hamberger festgestellt. Das entsprechende hat A.G.HÖGBOM (1889) bereits in skandinavischen, marinen Bändertonen gefunden. Seine Feststellungen sind aber bisher nicht weiter verfolgt worden. Dieser Magnesiumcarbonatrhythmus stützt den Nachweis einer jahresrhythmischen Sedimentation zusätzlich.

Schwefelwasserstoffbestimmungen im Bereich des Bändertons ergaben, daß der Farbgegensatz der Hell- und Dunkellagen in erster Linie durch ein Mehr an organischer Substanz in den Dunkellagen bedingt ist; erst in zweiter Linie mögen auch Korngrößenunterschiede eine gewisse Rolle spielen.

Eine neuartige Konnektionsmethode wurde schließlich vorgestellt. Sie beruht auf der Schwärzungsmessung photographierter Tonprofile mit Hilfe eines sog. Microdensitometers. Diese Methode erlaubt eine wesentlich raschere und auch sicherere Konnektion, als die traditionelle diagrammatische Warwenverknüpfungsmethode DE GEERS, weil sie Kurzschwankungen innerhalb der Jahressedimentation mit berücksichtigt.

LITERATURVERZEICHNIS

Abkürzungen:
E. u. G. = Eiszeitalter und Gegenwart. Öhringen
S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersöknings Publikationer. Stockholm.
G. F. F. = Geologiska Föreningens Förhandlingar. Stockholm.

Andersen,S.A., 1929: Über die dänischen autochthonen und allochthonen Warwen (Referat). Beret. om Det.18.skand. Naturforskermøde; København. S.165-170.

Antevs,E., 1925: Retreat of the last Ice-sheet in Eastern Canada. Geolog. Survey of Canada. Memoir 146, Ottawa.

Antevs,E., 1928: The Last Glaciation. Amer. Geogr. Soc. Research Ser. Nr. 17, S.162, New York.

Arrhenius,G., 1947: Den glaciala lerans varvighet. S.G.U. Ser. C, Nr486

Bayberger,F., 1914: Der ehemalige See von Rosenheim. München.

Brückner,E., 1921: Geochronologische Untersuchungen über die Dauer der Postglazialzeit in Schweden, in Finnland und in Nordamerika. Zeitschr. f. Gletscherkunde, XII. Band, Leipzig.

Burz,J., 1951: Der Wärmehaushalt des Ammersees. München.

Burz,J., 1954: Schwebstoff- und Geschiebeführung in den Stauräumen des Inn. München.

Calvert,S.E. u. Veevers,I.I., 1962: Minor Structures of Unconsolidated Marine Sediments revealed by X-Radiography. Sedimentology, Vol.1, S.287-295.

Correns,C.W., 1938: Die Tone. Geolog. Rundschau, Bd.29, Leipzig.

Coleman, A.P.,1929: Long Range Correlation of Varves. The Journal of Geology,Vol.XXXVII, Chicago.

Ehrenberg, [illegible].,1922: Die Bodenkolloide. 3.Aufl. Dresden, Leipzig.

Erdtmann, G., 1954: An Introduction to Pollenanalysis. A New Series of Plant Science Books, 12,239 S. Stockholm

Firbas,Fr., 1935: Die Vegetationsentwicklung des mitteleuropäischen Spätglazials. Stuttgart.

Firbas,Fr., 1949/52: Waldgeschichte Mitteleuropas. 2 Bde. Jena.

Forel, F.A. 1901: Handbuch der Seenkunde. Stuttgart.

Fraser,H.J., 1929: An Experimental Study of Varve Deposition. Trans.Roy.Soc.Canada, 33,Sect. IV, S.49-60,Ottawa.

Gams und Nordhagen,R., 1923: Postglaziale Klimaschwankungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. Mitt. Geogr. Ges. München,XVI. München.

Gams,H.,1927: Die Ergebnisse der pollenanalytischen Forschung in Bezug auf die Geschichte der Vegetation und des Klimas von Europa. Zeitschr. f. Gletscherkunde,15, S.161-190, Leipzig.

Gams,H.,1953: Die relative und absolute Chronologie des Quartärs. Geol. Bavarica,19,S.364-369, München.

De Geer, Gerard,1884: Om möjligheten af att införa en Kronologi för Istiden. G.F.F. Bd.VII.Hft.1.

De Geer,Gerard,1885: Om Istidens Kronologi. (fortsatt Ref.av föredrag). G.F.F. Bd.VII

De Geer, Gerard,1896: Om Skandinaviens geografiska utveckling efter Istiden. S.G.U. Ser.C.Nr.161.

De Geer, Gerard,1912: A Geochronology of the last 12000 years.Compte Rendu de la XI:e Session du Congrès Géologique Internat.Stockholm. (Deutsch: Geolog. Rundschau,Bd. 33,S.457-471. Leipzig).

De Geer, Gerard, 1921: Correlation of late glacial annual clay- varves in North-America with the swedish time scale. G.F.F.Bd.43,S.70-73.

De Geer, Gerard,1932: Stockholmstraktens Kvartärgeologi. S.G.U.Ser.Ba.Nr.12

De Geer, Gerard,1935: The Transbaltic Extension of the Swedish Time Scale. Geogr.Ann.Bd.XVII,Stockholm.

Geer, Gerard,1940: Geochronologia Suecica Principles. Stockholm.

Gross,H.,1952: Die Radiokarbon-Methode, E.u.Z. 2,S.68-92

Gross,H.,1954: Das Alleröd- Interstadial als Leithorizont der letzten Vereisung in Europa und Amerika. E.u.Z.,4-5,S.189-209

Gross,H.,1958: Die bisherigen Ergebnisse von C^{14} - Messungem und paläontologische Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. E.u.Z.,9,S.155-187.

Hansen,S.,1940: Varvity in Danish Scanian Late-Glacial Deposits. Danmarks Geologiske Undersøgelse,II,63. København.

Högbom,A.G.,1889: Om relationen mellan Kalcium- och Magnesiumkarbonat i de quartära aflagringarna. G.F.F. Bd.11,S.263-273.

Hummel,K.,1923: Über Sedimentbildung im Bodensee. Geol.Arch.u.E. Kraus 2, H.1. S.35-45. Königsberg.

Irving,L.,1927: The Precipitation of Calcium and Magnesium from Sea Water. Journ.Marine Biol. Assoc. of Unit. Kingdom,N.S.,Bd.14. Plymouth.

Johnston,W.A.,1922: Sedimentation in Lake Louise, Alberta,Canada.The Amer. Journ. of Science,5.Ser.Vol.IV. New Haven.

Johnston,W.A.,1922: The Character of the Sediments in the Recent Delta of Fraser River,British Columbia,Canada. The Journ. of Geol.,30,Nr.2, S.115-129. Chicago.

Keller,R.,1961: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Berlin.

Kindle,E.M.,1930: Sedimentation in a Glacial Lake. The Journ. of Geol.,38. Chicago.

Kraus,E.u.Ebers,E.,1965: Die Landschaft um Rosenheim. Quellen und Darstellungen zur Geschichte der Stadt und des Landkreises Rosenheimes,Bd.IV, Rosenheim.

Milthers,V.,1927: On the so-called Gothi-glacial limit in Denmark.Critical Observations concerning De Geer: On the solar curve. Geogr.Ann.,Bd.9. Stockholm.

Minder,L., 1923: Über biogene Entkalkung im Zürichsee. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie,Bd.1,S.2o-32.Stuttgart.

Müller,G.,1966: Die Sedimentbildung im Bodensee. Die Naturwissenschaften,53.Jg., H.1o,S.237-247.Berlin.

Nipkow,Fr.,192o: Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. Zeitschr. f. Hydrologie, 1.Jg.Aarau.

Paul,H. u.Ruoff,S.,1927: Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern.I.Teil.Ber. d. Bayr.Botan.Ges.z.Erforsch.d. heim. Flora,Bd.XIX. München

Penck,A. u. Brückner, 1901-1909: Die Alpen im Eiszeitalter.3 Bde. Leipzig.

Pia,J.,1933: Kohlensäure und Kalk.Die Binnengewässer,Bd.13. Stuttgart.

Reineck,H.E.,1958: Über das Härten und Schleifen von Lockersedimenten. Senckenbergiana Lethaea,39,Nr.1/2, S.49-56. Frankfurt/Main.

Reineck,H.E.,1963: Naßhärtung von ungestörten Bodenproben im Format 5 x 5 cm für projizierbare Dickschliffe. Senckenbergiana Lethaea,Bd.44,Nr.4, S.357-362. Frankfurt/Main.

Sauramo,M.,1918: Geochronologische Studien über die spätglaziale Zeit in Südfinnland. Bu.II.de la Commiss. Géologique de Finlande,Nr.5O.Helsingfors.

Schmidle,W.,1910: Postglaziale Ablagerungen im nordwestlichen Bodenseegebiet. Neues Jahrb.f.Mineralogie,Geologie u. Paläontologie,II,S.104-122. Stuttgart.

Schumann,W.,1965: Geochronologische Studien in Oberbayern auf der Grundlage von Bändertonen. Unveröffentlichtes Manuskript. München.

Schwarzbach,M.,1961: Das Klima der Vorzeit.Stuttgart.

Seibold,E.,1958: Jahreslagen in Sedimenten der mittleren Adria.Geolog.Rundschau,Bd.47, S.100-117.Stuttgart.

Simon,W.,1948: Zeitmarken der Erde.Braunschweig.

Thun,R.,Herrmann,R., Knickmann,E.,1955: Methodenbuch,Bd.1.Die Untersuchungen von Böden.3.Aufl. Radebeul u. Berlin.

Troll,C.,1924: Der Diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. Forsch.z.Dt.L.u.V.Kde.23.

Troll,C.,1925: Methoden,Ergebnisse und Ausblicke der geochronologischen Eiszeitforschung. Die Naturwissenschaften, 13.Jg.,H.45,S.909-919.Berlin.

Vieke,M.,1937: Die ostpommerschen Bändertone als Zeitmarken und Klimazeugen.Abhl. Geolog.-Pal.Inst.Greifswald,H.18, S.1-34,Greifswald.

Wasmund,E.,1933: Temperaturschichtungen im Bodensee. Sonderdruck aus"Gerlands Beiträge zur Geophysik",Bd.40,H.4.Leipzig.

Wattenberg,H. & Timmermann,E. 1936: Über die Sättigung des Seewassers an $CaCO_3$ und die anorganogene Bildung von Kalksedimenten. Ann.d.Hydrogr. u.Maritim.Meteorologie,64.Jg. S.23-31; Hamburg.

Welten,M., 1944: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. Veröff. d. Geobotan. Inst. Rübel in Zürich, 201 S.; Bern

Woldstedt,P., 1958: Das Eiszeitalter, 2. Auflage, Bd.II Stuttgart.

Wundt,W., 1952: Abtragung und Aufschüttung in den Alpen und im Alpenvorland, während der Jetztzeit und der Eiszeit. Erdkunde, Bd.6, S.40-44; Bonn.

Nachtrag

Die in der vorliegenden Dissertation zitierte Arbeit von W.SCHUMANN, München: "Geochronologische Studien in Oberbayern auf der Grundlage von Bändertonen" wird in den Abh. d. Bayer. Akad. Wiss., Math. - Naturw. Kl., N.F., Heft 134, München voraussichtlich 1968 erscheinen.
(nach Mitteilung der Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München vom 1. 4. 1968)

Lebenslauf

Am 5. Juni 1939 wurde ich als erstes Kind des damaligen Rechtsreferendars und heutigen Prokuristen Hans-Peter Fürbringer und dessen Ehefrau Friederike, geb. Münch, in München geboren.

In Grassau, Landkreis Traunstein, Oberbayern, sowie in Motala/Schweden besuchte ich die Volksschule. Im Herbst 1950 trat ich in das Staatl. Landschulheim Marquartstein ein und legte dort 1959 die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1959/60 begann ich mit dem Studium der Geographie und Anglistik an der Universität München.
In den Sommerferien 1961 war ich 4 Wochen lang Praktikant an der Sigtuna-Skolan, einem Privatinternat in Schweden.
Im Herbst 1965 legte ich das Staatsexamen für das Höhere Lehramt in den Fächern Geographie und Anglistik ab.

Zur Zeit bin ich als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle am Geographischen Institut der Universität München tätig.

Werner Fürbringer

BAMBERGER FOTODRUCK · RUDOLF RODENBUSCH
8600 BAMBERG - Markusplatz 22 · Telefon: 0951/26794